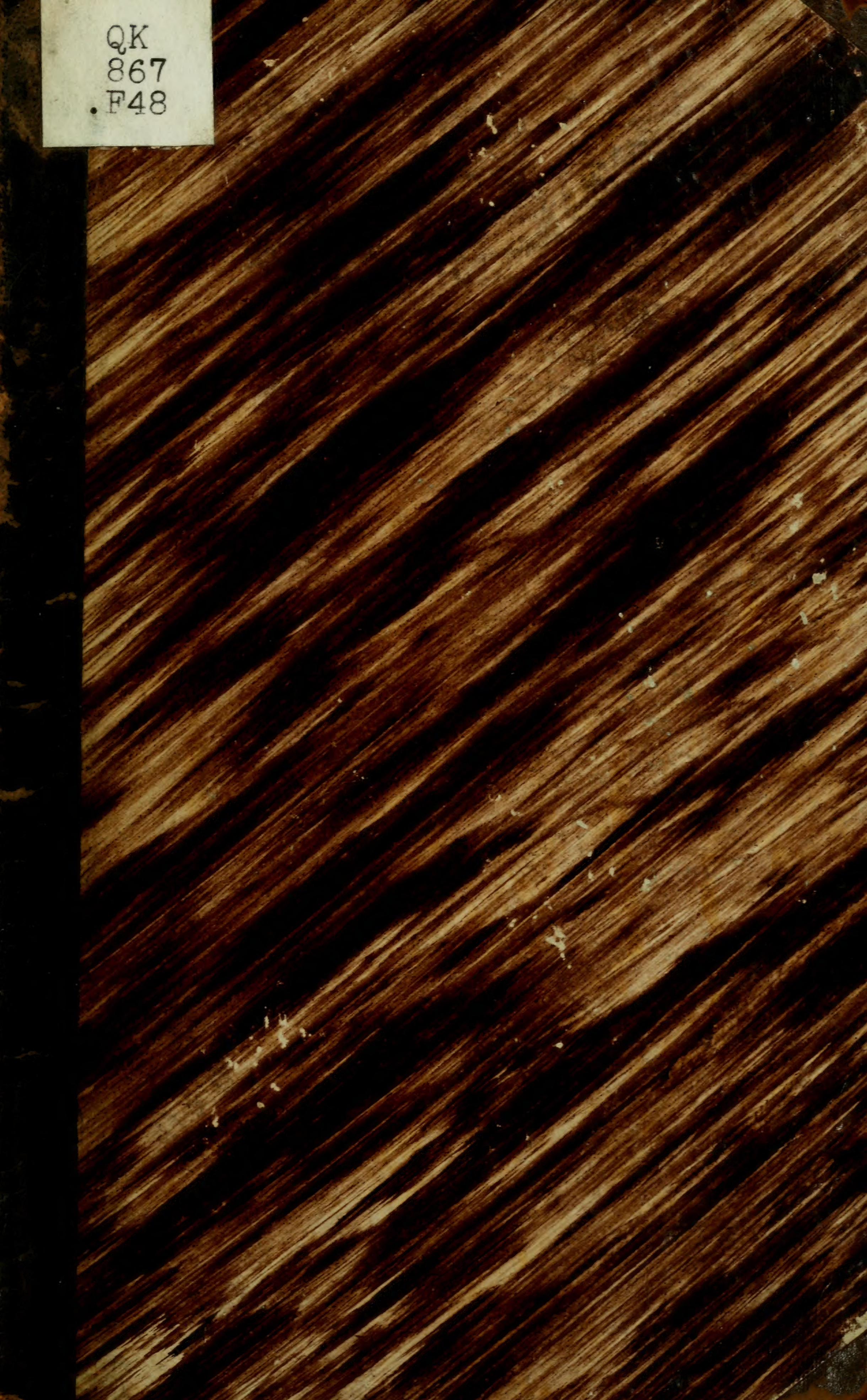
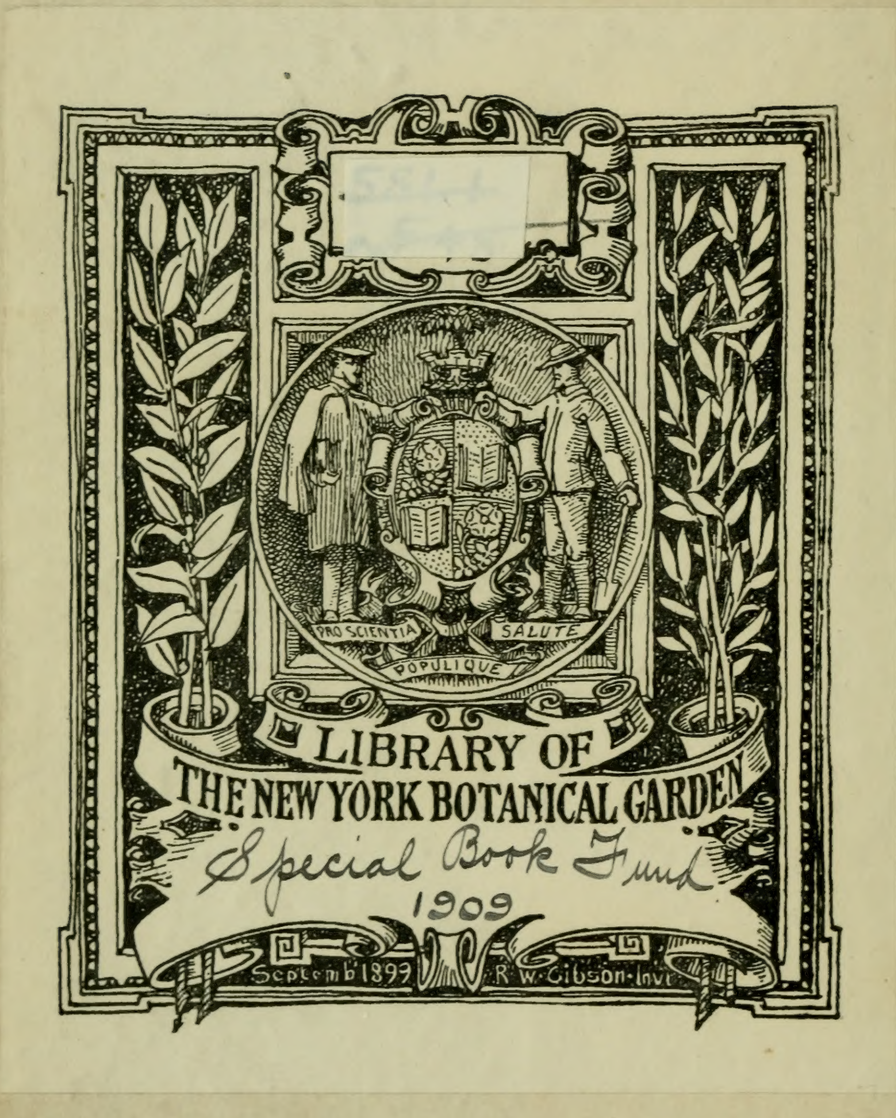
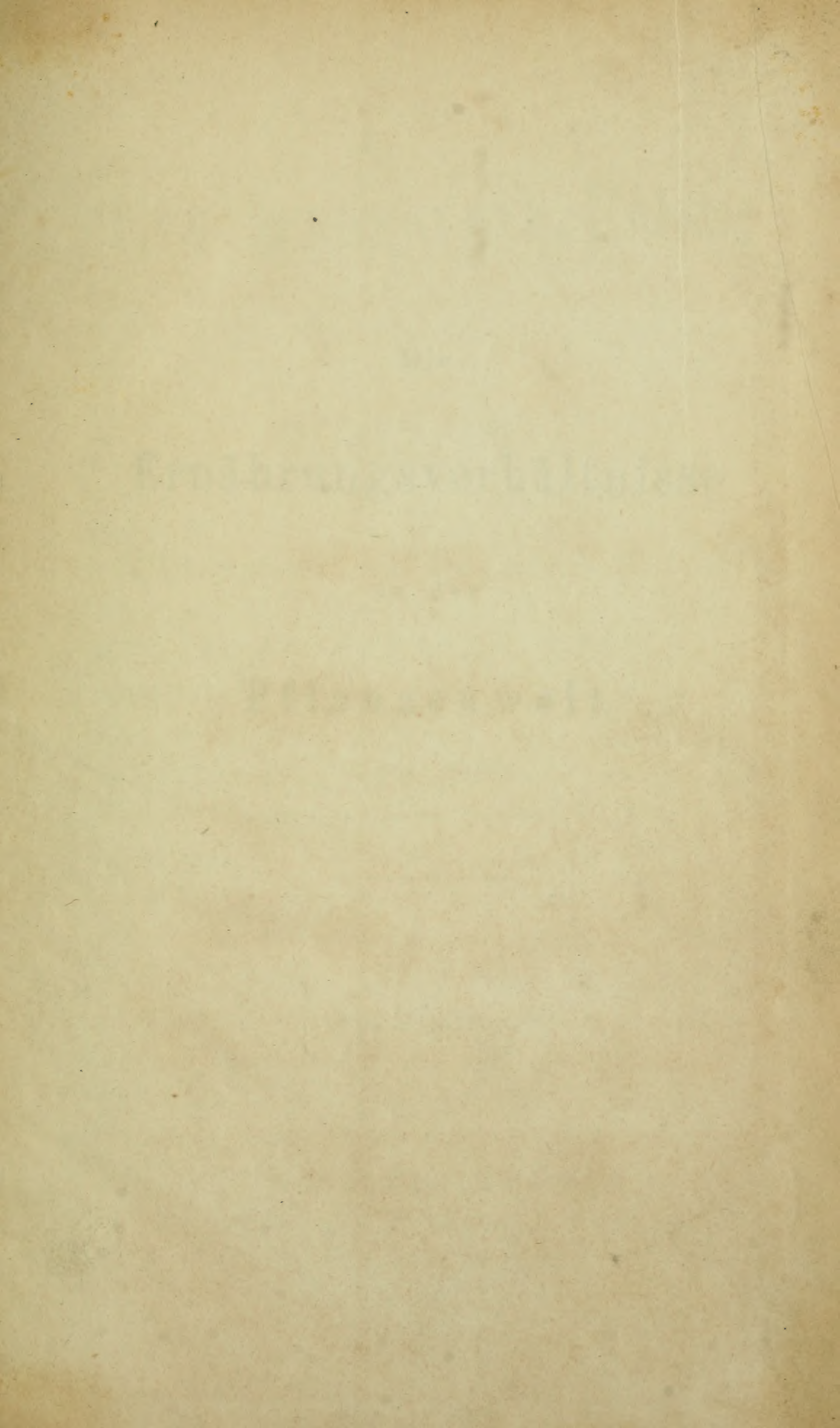
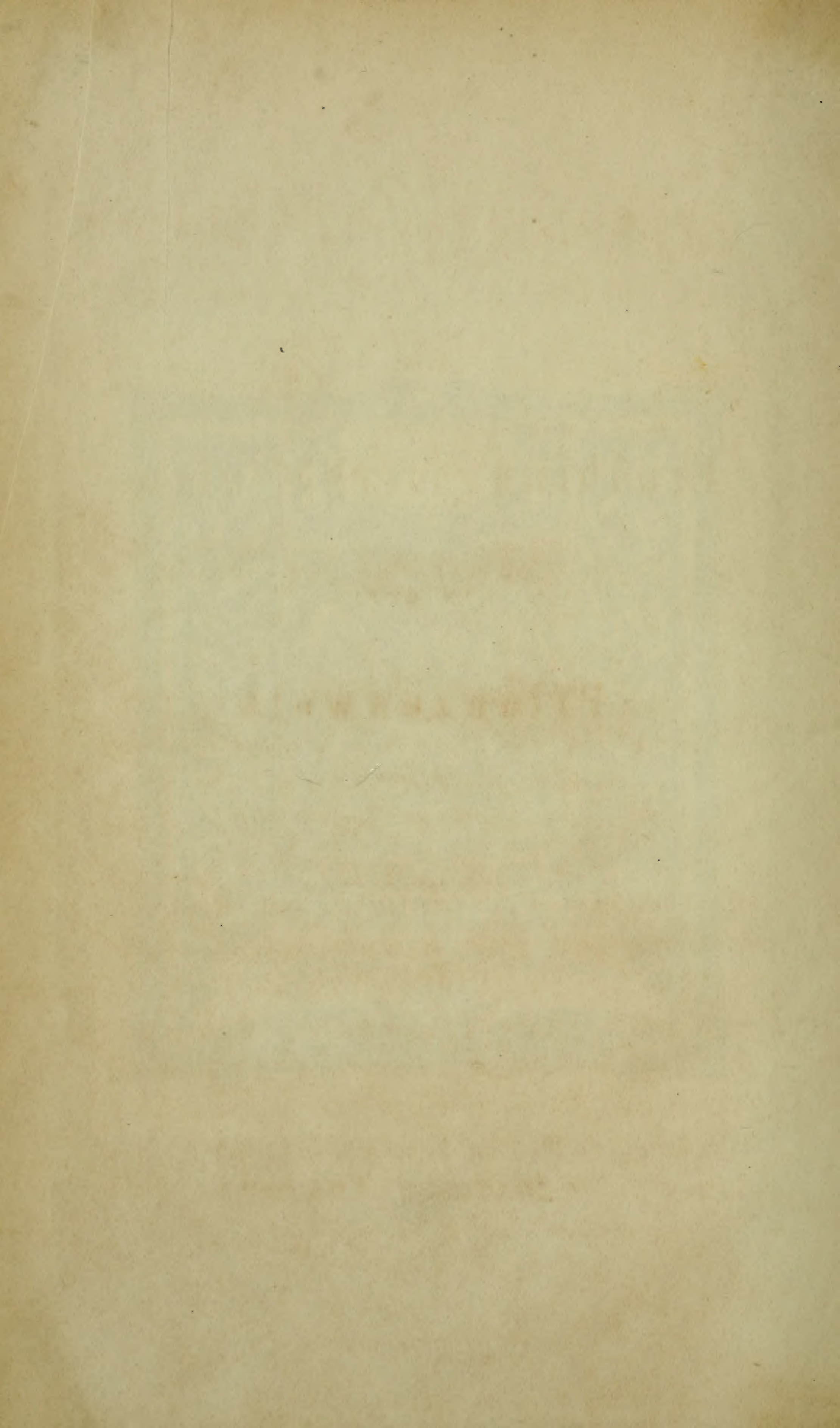



PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Special Book Fund
1909
Septemb' 1899
R. W. Gibson Inv.





Die

Ernährungsverhältnisse

in der

Pflanzenwelt.

Die
Ernährungsverhältnisse
in der
Pflanzenwelt.

Mit Rücksicht auf die Landwirthschaft
populär dargestellt

von

Carl Filly,
Lehrer der Naturwissenschaften.

Mit 2 Figurentafeln.

Weimar, 1860.
Bernhard Friedrich Voigt.

Vorrede.

Durch die vorliegende Arbeit will der Verfasser zunächst die Lehren, welche die Pflanzenkunde und die Chemie in den letzten Jahrzehnten über das Leben der Pflanzen, soweit sie die Ernährung betreffen, ausgebildet haben, einem grössern Publikum zugänglich machen. Er hat sich daher bemüht, den Stoff in allgemein verständlicher Sprache zu behandeln; in dem Bestreben, den Gegenstand so klar wie möglich zu behandeln, konnte eine gewisse Breite des Ausdrucks nicht immer vermieden werden; eben so wenig waren Wiederholungen zu umgehen. Neben jenem allgemeinen Zweck verfolgt der Verfasser den besondern, durch Verallgemeinerung der Ergebnisse der Wissenschaft, tief eingewurzelte und oft sehr nachtheilige Vorurtheile zu bekämpfen,

weil diese den wahren Fortschritt zum Bessern hemmen.

Um jedoch dem Buche auch einigen praktischen Werth zu geben, ist der Verfasser auf die Lehre der Landwirthschaft in dem Masse eingegangen, als dies in einer Arbeit möglich ist, die nicht speziell Ackerbaukunde sein kann und sein soll. Es trägt daher diese zweite Abtheilung auch wesentlich den Charakter einer Nahrungsmittellehre der Pflanzen, weshalb alle rein technischen Arbeiten übergangen sind.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die Schrift keinen andern Anspruch macht als den, was die Wissenschaft gelehrt, in weitere Kreise zu tragen, dadurch aber die Bildung allgemeiner zu machen; nicht Jeder kann Fachwerke studiren. Möge sie ihren Zweck erreichen!

Carl Filly.

Inhaltsverzeichniss.

Drittes Kapitel.

Zweite Abtheilung.

Der Ackerbau.

Sechstes Kapitel.

Erste Abtheilung.

Die Ernährung der Pflanzen.

Einleitung.

Wenn man vor gar nicht langer Zeit von der Pflanzenkunde als einer Wissenschaft sprach, so erhielt man als Antwort ein mitleidiges Achselzucken. Diese Missachtung war auch, wenigstens theilweise, wohl verdient, als man glaubte, die Pflanzenkunde bestehe darin, möglichst viele Pflanzennamen zu kennen und recht viele Pflanzen getrocknet in Papier aufbewahrt zu haben, jede einzelne wohl versehen mit einem lateinischen Namen. Seitdem hat die Pflanzenkunde gewaltige Fortschritte gemacht; sie greift tief in fast alle Zweige der Naturwissenschaften ein; ohne Kenntniss der Pflanzen und ihres anatomischen Baues ist jeder Fortschritt in vielen Theilen der Chemie rein unmöglich. Aber mehr noch als die Wissenschaften im engern Sinne ist der materielle Fortschritt des Menschengeschlechts von den Fortschritten der Pflanzenkunde bedingt; denn da die Grundlage und das Ziel jedes Fortschrittes auf staatlichem und gesellschaftlichem Gebiete das Wohlbefinden des Einzelnen ist, diess aber von der Leichtigkeit abhängt, die körperlichen Bedürfnisse zu befriedigen, so muss natürlich die Wissenschaft, von der die Landwirthschaft

lernen kann, vor allen gar mächtig auf diese Entwickelung einwirken.

Aber auch ein ästhetisches Interesse treibt uns zum Studium der Pflanzen. Keiner unserer Sinne vermag wie das Auge dem Menschen die Schönheit und Grösse der Schöpfung zu zeigen; jedoch auch kein Gegenstand kann wie die organische Welt das Auge immer aufs Neue fesseln, aufs Neue beschäftigen. Ueberall, wohin die Wanderlust den Menschen treibt, in der eisigen Polarzone, wie unter den glühenden Strahlen der Tropensonne, auf den schneebedeckten Gipfeln, wie in den lachenden Ebenen und Thälern, ja in den tiefsten Tiefen des Oceans regt sich organisches Leben; während Humboldt auf dem Rücken der Anden in Südamerika, in einer Höhe von 18000 Fuss, geflügelte Insekten sah, hat Ehrenberg in neuerer Zeit in Proben des Meeresbodens aus einer Tiefe von 20000 Fuss organische Wesen entdeckt. Ist es die Thierwelt, die das Auge besonders fesselt? Ist es das thierische Leben, das einem Lande seinen eigenthümlichen, unauslöschlichen Charakter verleiht? Die Kleinheit der Mehrzahl thierischer Geschöpfe, ihre Minderzahl und Beweglichkeit verhindern im Allgemeinen eine unmittelbare Anschauung, machen es unmöglich, mit einem Blick der Seele ein Gesammtbild einzuprägen. Die Pflanzendecke ist es, die zuerst und unmittelbar das Auge anzieht; die unbegrenzte Zahl der Einzelwesen, die starr und an den Boden gefesselt dastehen, machen es dem Menschen möglich, mit einem Blick ein Gesammtbild zu fassen; während das flüchtige Reh, der leichtbeschwingte Vogel, selbst der langsame Stier dem Auge entschwinden, findet es einen sichern Ruhepunkt in einer Baumgruppe, in einem Gestrüpp, das dem Ufer eines Flusses folgt; der landschaftliche Charakter hängt nur von den ihn bedeckenden Pflanzen ab. Ein anderes Bild gewährt eine Landschaft in der kalten Zone, wo wenige Pflanzenarten unabsehbare Strecken Landes bedecken, unter ihnen besonders Flechten und Moose; anders ist es unter den Tropen, wo ein unendlicher Reichthum von Formen herrscht; wo das Auge ruhe-

los von einer Gestalt zur andern schweift, jede folgende immer noch wunderbarer als die vorhergehende. Dennoch unterliegen hier wie dort die Pflanzen denselben Lebensbedingungen; ihre Ernährung ist dort wie hier von denselben Einflüssen, nur in verschiedenem Grade abhängig. Die Ernährung der Pflanzen ist es, die uns hier beschäftigen soll.

Ueberall, wohin der Mensch sich wendet und seine Hütten baut, findet er entweder die Pflanzen, die er zu seiner und seiner treuen Begleiter Erhaltung bedarf, oder er ringt sie gewaltsam dem Boden ab; er verändert mit tausend und aber tausend Mitteln den Boden so lange, bis er die gewünschte Ernte trägt. Stiller und geräuschloser, aber desto gewaltiger, schafft die Natur nach unabänderlichen, ewigen Gesetzen. Wird durch vulkanische Kräfte ein neues Land aus dem Boden des Meeres gehoben, — die Oberfläche der Erde ist ewigem Wechsel, ewigen Veränderungen unterworfen, sie ist immer im Werden und Vergehen, — so siedeln sich bald Pflanzen, deren Samen durch Wind und Wogen herbeigeführt werden, auf dem zertrümmerten Gestein an, es bildet sich an der vorher nackten Klippe eine Pflanzendecke, die Thier und Mensch zur Niederlassung lockt. Auf dem kahlen Gestein, ist es einmal der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt, gedeihen zunächst Algen und Flechten, kleine unscheinbare Pflänzchen, die der Ungeübte nicht für solche hält. Diese dringen mit ihren Wurzeln in die feinen Spalten und Risse, zerbröckeln das Gestein und machen so den Boden fähig, grössern Pflanzen Nahrung und Halt zu bieten. Licht und Luft, Feuchtigkeit und Wärme sind es, von deren Menge die grössere oder geringere Schnelligkeit dieser Umwandlung bedingt ist.

Von der Fülle an Pflanzen hängt die Kultur eines jeden Landes, hängt der Reichthum und das Wohlbefinden seiner Bewohner ab, viel weniger von mineralischen Schätzen; denn „wer würde seinem Sohne einen Stein bieten, wenn er um Brod bittet!“ Wo die Natur ihre Gaben karg vertheilt, da ist der Mensch gezwungen, durch eigene Kraft und Thätig-

keit dem Boden das abzuringen, was er nicht freiwillig giebt; diess ist zugleich sein Segen, denn Arbeit und Nachdenken sind die Hebel seiner Kultur und seiner Vervollkommnung; Arbeit ist das Losungswort der Kulturvölker in unserer Zeit geworden. Wo aber der Mensch nur zu geniessen hat, was die Natur ihm ohne sein Zuthun Alles beut, wo ein einziger Baum, wie die Kokospalme, Nahrung, Kleidung und Wohnung giebt, da lebt er in trägem Sinnen dahin, fühlt sich wohl und zufrieden, ohne Sinn und Bedürfniss für ein höheres Streben; er bleibt in näherer Beziehung zum Thiere. Darum sind die Geburtsstätten der Gesittung nicht jene glücklichen Himmelsstriche, wo die scheitelrechten Strahlen der Sonne einen ewigen Frühling, eine unendliche Fülle des Pflanzenlebens erzeugen, und wo gerade in Folge dieser Fülle Hungersnoth nicht zu den Seltenheiten gehört; nur in den kältern Zonen, wo der Mensch im ununterbrochenen Kampfe mit den elementaren Kräften sein Dasein fristet, dadurch aber gerade Körper und Geist stählt, kann Gesittung und Fortschritt wohnen. Zwar ist alle Bildung und Kultur vom mildern Orient ausgegangen; doch bald ist sie dort erstarrt, das Bedürfniss war bald befriedigt, darum die machtlosen Zustände in den orientalischen Reichen; die höhere Gesittung gedieh erst im höhern Norden, vor allen bei den Völkern deutschen Stammes.

Das unablässige Streben, die Erzeugnisse des Bodens zu vermehren und zu veredeln, treibt den Menschen, nach den Bedingungen zu forschen, unter denen die Pflanzen gedeihen; er bildet sich je nach dem Standpunkte seiner Kenntnisse eine mehr oder weniger richtige Vorstellung davon, wie die Ernährung der Pflanzen erfolgt, und sucht ihnen das zu bieten, was sie nach seiner Meinung zu ihrem Wachsthum bedürfen. Wir wollen versuchen, Alles das, was man bis jetzt darüber weiss, was Erfahrung und Wissenschaft, die Leiterin der Erfahrung, lehren, znsammenzustellen und die für den Ackerbau wichtigen Folgerungen daraus zu ziehen. Doch muss gleich hier bemerkt werden, dass unsere Kenntnisse noch sehr mangelhaft, dass Vieles nur Vermuthung und nur Weniges

sicher erforscht ist, dass wir in den meisten Fällen nur in der Lage sind, die Aufgaben anzudeuten, nicht sie zu lösen; einer spätern Zeit muss diess vorbehalten bleiben. Auch soll diese Schrift kein Lehrbuch der Landwirthschaft sein, soll keine unfehlbaren Mittel enthalten, wie man den Ertrag verzehnfachen kann; es soll einfach dazu beitragen, die Kenntniss der Natur zu verbreiten und falsche Vorstellungen, unter denen leider der Wunderglaube noch eine grosse Rolle spielt, zu bekämpfen.

Weder im Alterthum noch im Mittelalter hat man sich damit beschäftigt, auf wissenschaftlichem Wege zu erforschen, unter welchen Verhältnissen und Bedingungen das Pflanzenleben möglich sei. Tauchte ja die Frage einmal auf, so vertiefte man sich in mystische Betrachtungen, forschte gleich nach den letzten Gründen, statt das Zunächstliegende zu prüfen, und verlor so allen Boden der Wirklichkeit. Während wir heute bei den Pflanzen selbst anfragen, suchte man früher das Leben von einem allgemeinen Prinzip aus zusammenzusetzen; doch die Natur lässt sich keinen Zwang anthun; sie will vorher erforscht sein, ehe man sich an die Erklärung der Erscheinungen wagen darf. Indem man das Nahe und Greifbare übersah, traten die gedankenlosesten Behauptungen an die Stelle ruhiger und bewusster Prüfung, weshalb es denn gar nicht zu verwundern ist, wenn noch heute der Landmann gar wenig Vertrauen zu den wissenschaftlichen Lehren über die Ernährung der Pflanzen hat. Er hat bisher immer aus eignen Erfahrungen, die, wenn auch ungeordnet und oft falsch aufgefasst, doch immer Erfahrungen waren, sein Verhalten regeln müssen, und er ist nur schwer dahin zu bringen, Etwas anders zu machen, als es sein Urahn gemacht hat. Nur die Macht des Beispiels kann hier wirken.

Erst Malpighi fing an, auf wahrhaft wissenschaftlichem Wege das Leben der Pflanze zu erforschen, die Thätigkeit der einzelnen Organe und ihr gegenseitiges Verhalten zu untersuchen. Aber er stand fast allein, und seine Anregung ging für lange Zeit verloren, als man anfing, das

Wesen der Pflanzenkunde darin zu suchen, möglichst viele Pflanzen zu nennen, zu beschreiben und sie dann fein säuberlich an den richtigen Ort im System zu stellen. Es war diess eine Zeit, in der man es für sündlich hielt, in die geheime Werkstätte der Natur eindringen und das Werden und Vergehen der organischen Wesen belauschen zu wollen; eine Zeit, in der man singen konnte:

> „Ins Innere der Natur
> Dringt kein erschaffner Geist;
> Glückselig, wem sie nur
> Die äussere Schale weis't!"

worauf Goethe mit Recht antwortete:

> „Natur ist weder Kern, noch Schale;
> Sie ist Alles mit einem Male.
> Drum prüfe dich nur allzumeist,
> Ob Kern du, oder Schale sei'st?"

Wo sich Fragen nach dem innern Bau der Organe und ihrer Thätigkeit bei Thier und Pflanze aufdrängten, da war man mit der Lebenskraft zur Hand, „Wie geht es zu, dass der Same nur bei Gegenwart von Feuchtigkeit und bei einer gewissen Wärme keimt?" — Das thut die Lebenskraft. — „Warum bleichen die Pflanzen in der Dunkelheit und grünen im Licht? — Die Lebenskraft will es so. — So war es überall die Lebenskraft, und Du Boys-Raymond sagt in seinen Untersuchungen über thierische Elektricität sehr treffend von der Lebenskraft: „Die Lebenskraft ist der unübersteigbar breite Graben, von dem der Wettrenner auf der Bahn mit Hindernissen fälschlich gehört hat, den er nun hinter jeder Hecke wähnt und dadurch moralisch gelähmt wird."

Es ist des Menschen unwürdig, sich selbst eine unübersteigliche Schranke zu setzen; eine solche verhindert jeden Fortschritt des Menschengeschlechts, während es unsere Aufgabe ist und bleibt, immer weiter und weiter der Vollkommenheit näher zu streben, mag sie auch unerreichbar sein; nur ein trostloser geistiger Zustand kann den Sündenfall be-

klagen, durch den wir zum Forschen und Streben, zu geistigem Leben gediehen sind.

Erst mit dem Beginne des gegenwärtigen Jahrhunderts, des Jahrhunderts des Materialismus, wie man es so gerne nennt, fing man an, wie die Naturwissenschaften im Allgemeinen, so auch die Pflanzenkunde vernunftgemäss zu behandeln, den Lebens- und Ernährungsverhältnissen der Pflanzen nachzuspüren. An die Stelle geistreicher Gedankensprünge traten ernste Untersuchungen, verknüpft mit tausend Mühseligkeiten und tausend erfolglosen Versuchen. Die seitdem gemachten Fortschritte stehen in innigem Zusammenhange mit den Fortschritten der Chemie. Ohne chemische Kenntnisse und Betrachtungen, ohne Vergleiche mit den Erscheinungen in der anorganischen Welt ist eine auch nur annäherungsweise richtige Lösung der Aufgabe rein unmöglich. Eben so wichtig ist der Gebrauch der Mikroskope, da sich ohne sie die chemischen Thätigkeiten im kleinsten Raume, im Innern der Zellen, nicht verfolgen lassen. Um bei der Untersuchung der Lebenserscheinungen der Pflanze nur einige Aussicht auf Erfolg zu haben, muss man Botaniker und Chemiker zu gleicher Zeit sein.

Erstes Kapitel.

Von den Nahrungsstoffen.

Wenn man die Pflanzen in ihre letzten Bestandtheile, oder, wie man sich wissenschaftlich ausdrückt, in ihre Elemente zerlegt, so kommt man zu dem überraschenden Resultate, dass alle Theile, mögen sie auch die verschiedensten Eigenschaften und Verrichtungen in der lebenden Pflanze haben, mögen sie von der Wurzel oder dem Stamme, den Zweigen oder den Blättern, den Blüthen oder Früchten genommen sein, dass alle diese Theile wesentlich aus vier einfachen, nicht weiter zerlegbaren Stoffen bestehen. Der Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, in den verschiedensten, aber doch gesetzmässigen Mengen vereinigt, setzen jede Pflanze zusammen; und nicht nur die Pflanzen, sondern auch die Thiere verdanken diesen sogenannten organischen Elementen ihr Dasein, mit dem einzigen Unterschiede, dass der thierische Leib mehr stickstoffhaltige Verbindungen besitzt als der pflanzliche. Man hat deswegen diese vier Stoffe nicht ohne Berechtigung organische Grundstoffe genannt, obgleich sie theils frei, theils in Verbindungen auch in der anorganischen Welt weit verbreitet sind, indem unter Anderm

das Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff besteht, die atmosphärische Luft aber ein Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff ist. Wir werden später sogar einsehen, dass diess Vorkommen jener Stoffe in der anorganischen Welt die Möglichkeit des organischen Lebens bedingt.

Ausser den organischen Elementen enthalten alle Pflanzen und alle Pflanzentheile grössere oder geringere Mengen anorganischer Stoffe, die wir, so weit unsere Kenntnisse reichen, für ebenso unentbehrlich für das Pflanzenleben halten müssen, wenn gleich wir durchaus noch nicht im Stande sind, zu sagen, auf welche Weise sich ihre Thätigkeit äussert, welche Aufgabe sie zu erfüllen haben.

Doch unter welcher Gestalt gelangen Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in die Pflanze? In welchen Verbindungen bietet sie die Natur den Pflanzen zur Nahrung? In den verschiedenen Entwickelungsepochen der Wissenschaft werden wir die sonderbarsten Antworten auf jene Fragen finden, um so sonderbarer, je mehr man sich von der ruhigen Betrachtung des Gegebenen entfernte, je kühner man in der Erfindung geistreicher Systeme war. Wir werden sogar gestehen müssen, dass noch heute, wo man in vielen Stücken der Wahrheit nahe gekommen ist, oft die lächerlichsten Ansichten eine weitverbreitete Geltung haben. Schon deswegen ist es wichtig, in Folgendem historisch zu verfahren, um ererbte Vorurtheile mit Erfolg widerlegen zu können.

Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts nahm man fast allgemein an, dass die Pflanzen einzig und allein vom Wasser lebten. Es darf uns diese Annahme nicht in Verwunderung setzen, wenn wir bedenken, dass man die Zusammensetzung des Wassers eben so wenig, als die der Pflanzen, kannte, dass man nicht wusste, wie das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht und sogar künstlich erzeugt werden kann, dass man mit einem Worte noch keine Ahnung von dem Wesen chemischer Verbindungen hatte. Dagegen sprachen, so glaubte man, für die Richtigkeit der Annahme sogar darüber angestellte Versuche. Ein Gelehrter, Helmont, hatte nämlich

eine Weide in eine abgewogene Menge Erde gepflanzt und sie nur mit Regenwasser begossen, das er für chemisch rein hielt; nach fünf Jahren hatte sich das Gewicht der Erde nicht vermindert, dagegen das der Weide um 150 Pfund zugenommen. Andere, welche bestritten, dass die Pflanzen vom Wasser allein leben könnten, setzten an die Stelle dieser Behauptung eben so wenig oder noch weniger begründete. So meinte der französische Physiolog Bonnet, das Wasser löse die fettigen, erdigen und salzigen Bestandtheile des Bodens auf, und diese Lösung sei die einzige Pflanzennahrung, während Münchhausen die fruchtbare Gartenerde für eine Verbindung thierischer und pflanzlicher Stoffe hielt, deren Auflösung in Wasser wie Fleischbrühe schmecken müsse. Heute würde er eine solche Behauptung nicht aufstellen, ohne diesen Auszug wirklich gekostet zu haben.

Von dem einen Extrem, das Wasser allein ernähre die Pflanzen, war ein leichter Sprung zum andern, nach welchem die Pflanzen nur von den Ueberresten organischer Körper, von Thier- und Pflanzenleichen ihre Nahrung bezögen, und Theodor Saussure's Behauptung, Wasser und Kohlensäure seien die Hauptbedingungen des Pflanzenlebens, wurde von allen Seiten und mit allen Mitteln bekämpft.

Saussure's Lehre gründete sich auf die Entdeckung, dass Kohlenstoff ein Element, und dass der Hauptbestandtheil aller Pflanzen gerade dieser Kohlenstoff ist. Die Kohle aber als solche kann wegen ihrer Starrheit und wegen ihrer Unlöslichkeit in Wasser nicht in die Pflanzen gelangen; dagegen ist die Kohlensäure, die sich bei allen Verbrennungs- und Verwesungsprozessen bildet, in Wasser leicht löslich, wie alle moussirenden Getränke beweisen, indem die beim Aufschäumen entweichende Luft eben Kohlensäure ist. Während nun Saussure behauptete, die in die Pflanzen aufgenommene und dort zersetzte Kohlensäure liefere die für die Ernährung nöthige Kohle, indem ein Theil des Sauerstoffs ausgeathmet wird, waren Andere der Meinung, der Humus wäre die einzige Quelle für den Kohlenstoffgehalt der Pflanze und ginge un-

verändert in dieselbe über. Aber auch diejenigen, welche darüber einig sind, dass die Kohlensäure den Pflanzen zum Nahrungsmittel dient, sind verschiedener Ansicht über die Quelle derselben, indem die Einen sie nur aus dem Boden kommen lassen, die Andern dagegen, unter ihnen Saussure, zu beweisen suchen, wie die Atmosphäre der hauptsächlichste Lieferant derselben ist.

Die Aufnahme des Wassers bestritt eigentlich Niemand; wohl aber sind die Ansichten darüber verschieden, welche Rolle es in der Pflanze spiele. Von der einen Seite giebt man an, das Wasser sei einzig und allein ein Lösungsmittel für die Nahrungsstoffe und werde vollständig wieder ausgeschieden, nachdem die Pflanze die darin enthaltenen nährenden Stoffe sich angeeignet habe; dagegen stellt man auf der andern Seite die Bedeutung des Wassers als Lösungsmittel nicht in Abrede, behauptet aber, dass das Wasser mit andern Stoffen wahrhafte Verbindungen eingehe und so als wirkliches Nahrungsmittel diene. Letztere Ansicht ist um so gerechtfertigter, als eine grosse Zahl organischer Verbindungen derart zusammengesetzt ist, dass sie Wasserstoff und Sauerstoff in denselben Mengenverhältnissen enthalten, wie sie im Wasser mit einander verbunden sind; statt vieler Stoffe nennen wir hier nur das Stärkemehl und den Zucker.

Gegen die Lehre, die Kohlensäure sei es hauptsächlich, welche der Pflanze den ihr nöthigen Kohlenstoff zuführe, macht Treviranus geltend, einerseits könne die Kohlensäuere nicht aus dem Boden aufgenommen werden, weil die Zersetzung des Düngers in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser nur an der Oberfläche stattfinde; anderseits könne sie um deswillen nicht aus der Luft stammen, weil die Aufnahme derselben nur im hellen Sonnenschein möglich sei; da aber die Pflanzen weit längere Zeit im Schatten als im Sonnenschein lebten, so sei es überhaupt undenkbar, dass die Kohlensäure ein Nahrungsmittel für die Pflanzen abgäbe. Meyen giebt zwar zu, dass die Pflanzen etwas Kohlensäure aufnehmen; doch könne diess nur sehr wenig sein, da die At-

mosphäre nur vier Theile von diesem Gase auf zehntausend Theile Luft enthalte. Daher, so schliesst er weiter, sind es die in der Ackerkrume enthaltenen Stoffe, der Humusextrakt, die Humussäure und die Humuskohle, welche von den Pflanzen unverändert aufgenommen und erst im Innern derselben verarbeitet werden.

Die Ansicht, dass nur organische Stoffe den Pflanzen zur Nahrung dienen können, ist unter den Landwirthen, selbst unter den einsichtsvollen, allgemein verbreitet und verhindert leider zu oft, dass die an der Hand der Wissenschaft gemachten Erfahrungen in der Landwirthschaft die gerechte Würdigung und Verwerthung finden.

Da man aber noch nie Humussäure und ähnliche organische Stoffe in den Pflanzensäften gefunden hat, so glaubt Schultz in Berlin den Schlüssel zur Erklärung dieses Umstandes entdeckt zu haben. In seiner Schrift, die den vielversprechenden Titel führt: „die Entdeckung der wahren Pflanzennahrung," lehrt er, die organischen Bestandtheile der fruchtbaren Ackererde würden schon ausserhalb der Pflanzen durch Berührung mit den Würzelchen derselben vorbereitet, und nur Gummi, Zucker und Pflanzensäuren, besonders Milchsäure, wären den Pflanzen mundgerecht und dienten ihnen zur Ernährung. Der Versuch, den er zum Beweise für diese Behauptung anführt, ist zu interessant, um ihn hier nicht anzuführen. Er legte nämlich Wurzeln, besonders Mohrrüben, in wässerige Zuckerlösungen und andere Flüssigkeiten, und fand zu seiner grossen Ueberraschung, dass die Flüssigkeiten sich veränderten. Die Chemiker sind allerdings unhöflich genug, zu sagen, dass der ausgepresste Saft einer Mohrrübe denselben Erfolg gehabt haben würde; nicht die Wurzeln seien es, welche die Veränderungen hervorrufen, sondern die in den Wurzeln enthaltenen Stickstoffverbindungen seien das Ferment, und der Vorgang sei nur eine Gährung.

Blicken wir auf die vorgetragenen Lehren zurück, so wird auch der Unbefangenste eingestehen, dass keine derselben auch nur einigermassen genügenden Aufschluss darüber

giebt, welche Stoffe denn eigentlich von den Pflanzen verzehrt werden, wenn wir uns dieses Ausdrucks bedienen dürfen. Alle diese Ansichten sind entweder in der Studirstube entstanden, höchstens auf Versuche im kleinsten Massstabe gestützt, oder sie sind der Ausfluss einer rohen, ungeordneten Erfahrung; man hat weder Rechnungen noch Vergleiche angestellt. Niemand hat die organische Schöpfung in ihrer Gesammtheit betrachtet, Niemand hat die Frage gestellt, wie die Schlussrechnung ausfallen muss, wenn man das ewige Werden und Vergehen in der Natur in Rechnung zieht. Erst Schleiden und Boussingault haben auf den Gesammthaushalt der Natur hingewiesen und aus Versuchen im Grossen ein Bild der Pflanzenernährung in seinen Grundzügen entwickelt.

Die Geologie oder die Entwickelungsgeschichte der Erde setzt uns in den Stand, in allgemeinen Umrissen den Zustand der Erde und ihrer Bewohner in den verschiedenen Zeiten ihrer Entwickelung bis zu ihrem gegenwärtigen Zustande zu erkennen oder doch mit grosser Wahrscheinlichkeit zu ahnen. Wenn diesem Bilde auch die feineren Schattirungen fehlen, so sind doch die Grundzüge mit unauslöschlichen Zügen gezeichnet in einem Buche und mit einem Material, wo kein Betrug und keine Täuschung möglich; das Buch ist eben die Erde und das Material Produkte desselben Körpers. Die im Schosse der Erde begrabenen organischen Reste, die mächtigen und bis jetzt nur noch zum allergeringsten Theil erforschten Kohlenlager, als die Ueberreste einer untergegangenen Pflanzenwelt, so wie die Versteinerungen aus der Thier welt, wie sie sich in den verschiedensten Schichten des Erdinnern finden, gewähren uns Anhaltspunkte, die Menge der organischen Körper und somit der organischen Materie in den einzelnen Zeiträumen der Erdgeschichte zu schätzen und untereinander zu vergleichen. Diese Vergleiche gewähren uns aber gar wunderbare Aufschlüsse über das organische Leben der Gegenwart. Wir finden nämlich, dass von einem Zeitraume der Erdgeschichte bis zum andern, von den ältesten Zeiten

bis auf die Gegenwart, Pflanzen- und Thierwelt sich ununterbrochen vergrössert haben, dass also die Menge der organischen Materie zugenommen hat. Daraus geht unzweifelhaft hervor, wie Unrecht diejenigen haben, welche eine bestimmte Menge organischer Materie, einen Urschlamm, wie Schleiden sagt, annehmen, der mit der Schöpfung entstanden und die alleinige Quelle alles organischen Lebens auf Erden sein soll. Denn wäre diese Annahme richtig, so könnte sich die organische Materie nicht vermehrt haben, sie müsste sich im Gegentheil, wie wir bald beweisen werden, fort und fort vermindern. In dem Gedanken, dass sich die organische Materie vermehrt hat und noch vermehrt, liegt auf der andern Seite ein grosser Trost für die Zukunft des Menschengeschlechts und eine Widerlegung der Politiker, welche so gern an Uebervölkerung glauben und in allen Winkeln das schreckliche Gespenst sehen.

Wie lässt sich aber diese Zunahme erklären, ohne zu gewaltsamen Hülfsmitteln, zu einer sich täglich wiederholenden Schöpfung aus dem Nichts seine Zuflucht zu nehmen?

Die Untersuchungen der ausgezeichnetesten Gelehrten, der Physiologen und Chemiker, haben unwiderleglich bewiesen, dass die Thiere und unter ihnen der Mensch nur organische Stoffe verarbeiten und in Nahrungssaft verwandeln können, dass dagegen alle aufgenommenen anorganischen Materialien entweder unverändert wieder aus dem Körper entfernt werden, oder als Gift auf den Organismus wirken. Sie sind daher sämmtlich, sei es unmittelbar als Pflanzesfresser, oder mittelbar als Fleischfresser auf das Pflanzenreich angewiesen, als der einzigen und letzten Quelle, die aus unorganischen Stoffen organische erzeugen kann, indem keine andere Annahme übrig bleibt, als dass die Pflanzen befähigt sein müssen, organische Stoffe zu schaffen, anorganische Materie in organische überzuführen. Denn wären die Pflanzen nur im Stande, organische Reste neu zu gestalten, so müsste ihnen bald das Material für diese Thätigkeit ausgehen, weil sowohl Pflanze als Thier bei ihrer Verwesung in unorganische Produkte, in

Kohlensäure, Ammoniak und Wasser zerfallen. Würde aber von jeder Pflanze und jedem Thier in Folge des Todes nur ein kleiner Theil in jene anorganischen Verbindungen zerlegt, so ginge damit immerhin der organischen Welt ein Theil der Nahrung verloren; in Folge dessen müsste sich wegen mangelnder Nahrung die Zahl der organischen Geschöpfe vermindern. Diess widerspricht jedoch aller Erfahrung, da sich die Zahl der Organismen nicht nur nicht vermindert, sondern bedeutend vermehrt hat. Weite Länderstrecken, die sonst öde und wüste lagen, bringen jetzt unter der Hand des betriebsamen Menschen, wenn nicht reichliche, so doch etliche Frucht; es hat sich in geschichtlicher Zeit in diesen Ländern die organische Materie vermehrt. Wir erinnern hier nur an die Mark Brandenburg, des heiligen römischen Reiches Streusandbüchse, welche noch vor hundert Jahren einen weit traurigern Anblick gewährte, als heute, wo sie von zahlreichen Dörfern bedeckt ist, und wo der öde Sandboden, besonders in der Nähe Berlins, zu einer wunderbaren Ergiebigkeit gezwungen wird. Will man dagegen einwenden, Kleinasien, Griechenland, Sicilien haben früher weit mehr Menschen reichlich ernährt, Sicilien sei die Kornkammer Roms gewesen, jetzt seien jene Landschaften öde und unfruchtbar, die verminderte organische Materie sei die Ursache der jetzigen Armuth, so haben wir darauf zu erwidern, dass neben einer indolenten, trägen Bevölkerung unter traurigen Missregierungen hauptsächlich die rohe und gedankenlose Verwüstung der Wälder, wodurch die klimatischen Verhältnisse vollständig verändert, die Zahl der atmosphärischen Niederschläge vermindert wurden, den trostlosen Zustand jener Länder hervorgerufen hat. Aehnliche Folgen der Entwaldung zeigen uns ja schon die noch jungfräulichen Landstriche Amerika's. Durch eine richtig geleitete Kultur und eine wohlvertheilte neue Bewaldung würden thätige Menschen unter einer guten und umsichtigen Regierung jene Landschaften wieder zu dem machen, was sie ehemals waren, wenn schon nicht geläugnet werden soll, dass grosse Hülfsmittel

und eine gewaltige Ausdauer zur Vollbringung eines solchen Werkes erforderlich sind; dennoch wird die Zukunft den Menschen dazu zwingen.

Obgleich wir glauben, unsere Behauptung, bei blos organischer Nahrung vermindere sich die Gesammtmenge der organischen Materie auf der Erdoberfläche, sei an sich schon genügend einleuchtend, so wollen wir sie dennoch durch einige Zahlenbeispiele belegen; die Ertragstabellen jedes Landwirths können uns dazu dienen, möge er nun für organische Nahrung schwärmen, oder möge er den Ergebnissen der Wissenschaft bei seiner Landwirthschaft Rechnung tragen. Der französische Physiolog und Landwirth Boussingault, der Versuche im grossartigsten Massstabe angestellt und auf zahlreichen Reisen in den verschiedensten Theilen der Erde bedeutende Erfahrungen gesammelt hat, hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, wie nothwendig es ist, die Untersuchungen über die Pflanzennahrung mit der Wage in der Hand zu machen, nicht aber in der Studirstube Phantasiegemälde zu schaffen. In Deutschland hat Schleiden die Unhaltbarkeit der Lehre von der organischen Pflanzennahrung, wenn nicht durch eigne Untersuchungen, so doch durch umfassende und geschickte Zusammenstellung und Würdigung aller vorhandenen und ihm zugänglichen Thatsachen nachgewiesen; wir entlehnen ihm das folgende Beispiel.

Ein Ackerpferd erhält täglich im Durchschnitt zwanzig Pfund trockene organische Substanz als Futter und Streu; es liefert im Urin und Koth in derselben Zeit zehn Pfund trockene organische Substanz. Frischer Mist verliert bis er zum Acker geschafft ist, durch Verwesung im Allgemeinen noch ein Sechstheil; es bleiben von jenen zehn Pfunden nur noch acht und ein drittel Pfund. Das Pferd hat also zwanzig Pfund organische Substanz verbraucht, giebt davon aber nur acht und ein drittel Pfund zurück; es sind demnach nicht weniger als elf und zwei drittel Pfund oder acht und fünfzig Procent organische Substanz durch den Ernährungsprozess des Pferdes verloren gegangen. Niemand wird aber behaupten wollen, das

Pferd habe um soviel zugenommen, so dass die ganze organische Substanz unverloren sei; vielmehr ist der grösste Theil derselben als Kohlensäure ausgeathmet und als Wasser im Urin ausgeschieden.

Aehnliche Verluste ergeben sich, wie beim Pferde, bei allen Thieren, ob sie nun Hausthiere sind oder frei in der Wildniss umherschweifen; beim Ernährungsprozess des Menschen ist nach genauen und umfassenden Untersuchungen der Verlust noch bedeutend grösser als bei den Thieren.

Alle Verbrennungsprozesse, welche auf der Erde stattfinden, für den häuslichen Bedarf sowohl als zum Betriebe von Maschinen und Fabriken, werden mit organischen Stoffen, mit Pflanzen und Pflanzenresten unterhalten; täglich werden ungeheure Mengen organischer Materie in unorganische auf gleiche Weise übergeführt, wie es durch die Verwesung geschieht.

Wie sich auf der einen Seite eine ununterbrochene Kette von Vorgängen, die auf die Vernichtung organischer Materie basirt sind, herausstellt, — es wäre ein Leichtes, ausser den gegebenen Beispielen, noch viele andere dafür anzuführen, — so lässt sich auf der andern Seite anfs Schlagendste darthun, dass sich trotzdem die organische Materie nicht nur nicht vermindert hat, sondern sich noch heute vermehrt. Besässen wir für die ganze bewohnte Erde Ertragstabellen, so gewährten diese ein einfaches Mittel, diese Zunahme ihrer Menge nach festzustellen; aber kaum hat man bis jetzt in den gebildetsten Ländern angefangen, solche Tabellen anzulegen, und ihr Nutzen für die Volkswirthschaft wird nur noch selten anerkannt. Wir müssen uns daher mit einer allgemeinon Betrachtung einiger Erdstriche begnügen.

Die Pampas oder Steppen von Buenos-Ayres in Südamerika, die nach den Versicherungen D a r w i n s und aller Reisenden dasselbe allgemeine Bild darbieten, wie zur Zeit ihrer Entdeckung, sind weite, endlose Ebenen mit einer sehr dünnen Humusschicht und einer höchst dürftigen Pflanzendecke, nur aus dürren hohen Gräsern und stachligen Kaktus-

arten bestehend. Unmittelbar nach ihrer Entdeckung führten die Spanier Pferde, Esel und Rinder ein, die bald verwilderten und sich so ungeheuer vermehrten, dass ungezählte und unzählbare Herden die weiten Ebenen durchstreifen und darin ihre Nahrung finden. Um einen ungefähren Begriff von der grossen Zahl dieser Thiere zu geben, wollen wir die jährliche Ausfuhr von Stoffen, die diese Herden liefern müssen, hier in der Kürze anführen. Sie betrug im Durchschnitt mehrerer Jahre jährlich an Ochsen- und Pferdehäuten 900000 Centner, an Pferdehaaren 95000 Centner, an Rinderhörnern 32500 Centner, also über eine Million Centner organische Substanz, ungerechnet, was an Fleisch zur Verproviantirung der Schiffe dient und was an Ort und Stelle verwes't. Die Herden, welche diese Stofle liefern, müssen mindestens zwanzig Millionen Stück betragen, die jährlich durch den Ernährungsprozess über sechshundert Millionen Centner organische Substanz vernichten. Jene ausgeführten Stoffe können dem Boden jener Länder nicht zu Gute kommen, können Nichts zur Erhaltung der Pflanzendecke beitragen. Dennoch ist die Vegetation nicht ärmer geworden, sondern in der Nähe der vereinzelten Niederlassungen und der wenigen Städte sogar reicher. Eingewanderte Pflanzen, unter ihnen besonders Artischocken und andere Distelarten, bedecken weite Strecken Landes, wo früher fast keine Spur von Pflanzen zu finden war, und nur durch Feuer kann man ihrem Weiterdringen Einhalt thun. Die Steppen Asiens und des südlichen Russlands, weite Strecken wüsten Landes, und von nomadisirenden Stämmen durchzogen, führen alljährlich grosse Mengen von Fleisch, Haaren und Häuten aus, ohne dass sich bis jetzt die schon an sich nicht reiche Pflanzendecke vermindert hätte; auch hier gehen dem Boden die ausgeführten organischen Stoffe verloren, ohne von aussen her ersetzt zu werden.

Doch haben wir nicht einmal nöthig, in die Ferne zu schweifen, um Beweise für die Vermehrung der organischen Stoffe zu finden. In den Alpen leben grosse Herden den ganzen Sommer hindurch auf den Bergen, die ausserdem noch

das Heu für den Winterbedarf liefern müssen, um die Thiere während der rauhen Jahreszeit in den Thälern mit Nahrung zu versorgen. Nie werden jene Höhen gedüngt; dagegen werden alljährlich gewaltige Mengen Kase ausgeführt, selbst nach Amerika, und die Ausfuhr wächst von Jahr zu Jahr. Nichtsdestoweniger ist auch nicht die geringste Verminderung oder Verschlechterung der Pflanzendecke wahrzunehmen; es ist eher wahrscheinlich, dass sie sich verbessert hat, da in Folge der vermehrten Ausfuhr immer grössere Herden dort ihre Weide, ihr Futter finden.

Nach Durchschnittsberechnungen vieler Jahre giebt ein Morgen in guter Kultur gehaltenen Landes eine jährliche Ausbeute von mehr als 2000 Pfund trockner, organischer Substanz, wogegen er im Dünger nur höchstens 800 Pfund erhält; der Ertrag ist also fast dreimal so gross, als der aufgebrachte Dünger. Jedermann weiss aber, dass gut bebauter Boden nicht ärmer, sondern reicher an Humus wird, dass die fruchtbare Ackerkrume sich vertieft.

Seit 1849 befinden sich in einem grossen Wasserbassin bei London Thiere und Pflanzen; die Thiere leben allein von dem, was in dem Bassin wächst; von Zeit zu Zeit wird nur soviel Wasser zugeschüttet, als verdunstet ist; dennoch haben sich die Pflanzen sowohl als die Thiere ansehnlich vermehrt.

Wie wir in dem Bisherigen zu zeigen gesucht haben, dass die Pflanzen ihre Nahrung, ihren Bedarf an Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff weder allein, noch zum grössern Theile aus organischen Stoffen erhalten können, wollen wir im Folgenden die Formen und Verbindungen aufsuchen, in denen jene Elemente in die Pflanzen gelangen. Bekanntlich besteht die Atmosphäre aus freiem Stickstoff zu vier Theilen und aus einem Theil Sauerstoff. Ferner findet sich allgemein in der Natur verbreitet die Kohlensäure, aus Kohlenstoff und Sauerstoff zusammengesetzt; das Ammoniak, aus Stickstoff und Wasserstoff bestehend, und endlich das Wasser. Die allgemeine Verbreitung gerade dieser Körper, welche die Elemente der organischen Welt enthalten, führt zu

dem Schluss, dass sie es sind, welche den Pflanzen zur Nahrung dienen.

Da unter diesen Substanzen nur die Kohlensäure Kohlenstoff enthält, so muss die Pflanze all' ihren Kohlenstoff durch sie erhalten; wenn Meyen dagegen anführt, dass Pflanzen, die er in reinen kararischen Marmor oder in Schwefelblumen gesäet und mit kohlensaurem Wasser begossen, ausgegangen seien, so beweis't dieser Versuch gar Nichts, und Schleiden sagt sehr treffend über denselben, er sei eben so sinnlos, als wenn ein Zoolog ein Thier mit Strychnin, einem stickstoffhaltigen, sehr heftigen Pflanzengifte, füttern wolle, um zu beweisen, stickstoffhaltige Nahrungsmittel seien schädlich, während im Gegentheil ohne Stickstoff kein Thier leben kann.

Woher nimmt aber die Pflanze die zu ihrer Erhaltung nöthige Kohlensäure?

Genaue und vielfach wiederholte Messungen haben dargethan, dass der Gehalt an Kohlensäure in der Lufthülle, welche die Erde umgiebt, nur 0,0004 oder auf zehntausend Theile Luft vier Theile dieses Gases beträgt, also ausserordentlich gering ist, und dass sich keine Verminderung oder Vermehrung nachweisen lässt. Bringen wir dagegen die tägliche Kohlensäurebildung in Rechnung, so müssen wir uns wundern, dass keine Vermehrung derselben stattfindet; dadurch werden wir zu dem Schluss geführt, irgend ein irdischer Vorgang müsse durch eine ununterbrochene Aneignung, Verarbeitung und Zersetzung der Kohlensäure das Gleichgewicht erhalten.

Es giebt wohl kaum Menschen auf Erden, welche den Gebrauch des Feuers nicht kennen; alle bedienen sich desselben zur Bereitung der Speisen, zum Erwärmen und bei tausend andern häuslichen Bedürfnissen. Aber nicht genug damit; in weniger bevölkerten Ländern werden alljährlich grosse Strecken Waldes, weite Prairien und Steppen niedergebrannt; sei es, um Boden für den Anbau zu gewinnen und zu befruchten, sei es, um den reissenden Thieren die sichern

Verstecke zu vernichten. Es ist einleuchtend, dass man in stark bevölkerten Ländern, wo leicht Mangel an Brennmaterial eintreten könnte, sparsam damit umgehen und verhältnissmässig weniger gebrauchen wird, als diess unter rohen Völkern geschieht; daher schlagen wir den Verbrauch für die Gesammt-Menscheit sicherlich nicht zu hoch an, wenn wir ihn nach dem Bedarf bei uns berechnen. Nimmt man die Gesammtbevölkerung der Erde zu 1200 Millionen an, so ergiebt sich für die häuslichen Bedürfnisse ein jährlicher Verbrauch von 10800 Millionen Centner Kohlenstoff, durch dessen Verbrennung allein 39600 Millionen Centner Kohlensäure gebildet wird, da ein Theil Kohlenstoff $3\frac{2}{3}$ Theile Kohlensäure liefert.

Für technische Zwecke, auf Hüttenwerken, Eisenbahnen, in Fabriken, werden jährlich an 1000 Millionen Centner Steinkohlen, das ist 700 Millionen Centner Kohlenstoff verbrannt, welche 2560 Millionen Centnern Kohlensäure entsprechen.

Das Athmen der Menschen und Thiere besteht darin, dass aus der Luft Sauerstoff aufgenommen wird, der einen Theil des Kohlenstoffgehaltes im Blute zu Kohlensäure verbrennt, die bei jedem Athemzug entweicht; die Menge der so erzeugten Kohlensäure mag sich auf 25000 Millionen Centner belaufen.

Durch die Verwesung organischer Stoffe wird, wie wir schon oben sahen, Kohlensäure gebildet, und zwar um so mehr, je energischer der Prozess der Fäulniss erfolgt, wie in heissen Klimaten. Aus Saussure's in gemässigten Gegenden angestellten Versuchen folgt, dass auf jedem Morgen Landes im Laufe eines Jahres 9 Centner Kohlensäure auf diese Weise erzeugt werden. Ziehen wir von der Gesammtoberfläche des Festlandes noch die eisigen Polargegenden und die pflanzenleeren Wüsten ab, so erhält man doch eine Billion Centner Kohlensäure.

In tausend Jahren würden sich demnach 1067 Billionen Centner Kohlensäure in der Luft finden; da aber die gesammte Atmosphäre etwa 14000 Billionen Centner wiegt, so

müsste in dieser Zeit der Kohlensäuregehalt der Luft ein $\frac{1}{13}$ betragen, ungerechnet die ungeheuren Mengen dieser Gasart, welche nach Humboldt's Beobachtungen von Vulkanen und selbst von erloschenen ausgehaucht werden. Als eine solche Quelle der Kohlensäure ist in weitern Kreisen die Hundsgrotte bei Neapel bekannt.

Wenn schon die gegebene Berechnung an vielen Mängeln leidet, wie alle derartigen Mengenbestimmungen, so beweist sie doch so viel, dass ein Zustand unserer Atmosphäre eintreten müsste, in welchem thierisches Leben unmöglich ist, wenn nicht die Natur selbst einen Weg geschaffen hätte, auf dem die Kohlensäure aus der Luft entfernt wird. Weil aber das historische Alter der Erde schon über 5000 Jahre beträgt, und ein reiches Thierleben sich auf derselben tummelt, so dürfen wir nicht sorgen, zu viel Kohlensäure in der Luft zu bekommen.

Auf die geschilderte Weise haben wir eine unerschöpfliche Quelle des Kohlenstoffs für das Pflanzenleben, und der Reichthum der Pflanzenwelt steht in innigster Beziehung zu der auf der Erde erzeugten Kohlensäure; mit der Zunahme derselben vermehrt sich jener Reichthum im geraden Verhältniss, und das Pflanzenleben erhält den Zustand der Luft in einem Gleichgewicht, wie es für das Thierleben erforderlich ist. Keine Macht der Erde ist im Stande, diesen ewigen, gesetzmässigen Kreislauf zu stören; je mehr Vernichtung auf der einen Seite, desto mehr neues Leben und Schaffen auf der andern; täglich eine neue Schöpfung, jedoch ohne ein Eingreifen der Gottheit, nach ewigen, von ihr selbst gegebenen, unabänderlichen Gesetzen; die Pflanze ist der grosse Erhalter der organischen Welt.

An einigen Beispielen wollen wir nun zeigen, wie ungeheure Mengen von Kohlensäure die Pflanzenwelt im Laufe eines Jahres verbraucht.

In den tropischen Ländern werden jährlich etwa 60 Millionen Centner Zucker erzeugt; darin sind 24 Millionen Centner Kohlenstoff enthalten, welcher aus 88 Millionen Centnern

Kohlensäure erhalten wurde. Im deutschen Zollverein allein wird aus Rüben eine Million Centner Zucker bereitet; darin sind 400000 Centner Kohlenstoff enthalten, welche 1½ Millionen Centner Kohlensäure erfordern; aber der Zucker ist der bei weitem kleinste Theil der bei dieser Fabrikation verbrauchten Pflanzen.

Von der Westküste von Afrika werden jährlich 400000 Centner Palmöl ausgeführt, das zur Seifen- und Lichtfabrikation verbraucht wird und worin 300000 Centner Kohlenstoff mit 100000 Centner Wasserstoff und Sauerstoff verbunden sind; mehr als eine Million Centner Kohlensäure sind nöthig, diesen Kohlenstoff zu liefern.

In Nordamerika allein werden jährlich 2 Millionen Centner Tabak producirt; die Pflanzen bedurften hierzu mindestens 10 Millionen Centner Kohlensäure. Mit Hülfe genauer statistischer Tafeln liesse sich der Bedarf an Kohlensäure für die Nahrungspflanzen aller kultivirten Länder berechnen, und daraus nachweisen, wie gewaltige Mengen davon für das Pflanzenleben nothwendig sind.

Nachdem wir so zur Genüge dargethan zu haben glauben, dass die Pflanzen ihren Gehalt an Kohlenstoff der Hauptsache nach aus der Kohlensäure, diese aber aus der atmosphärischen Luft beziehen, wollen wir uns zu den übrigen organischen Bestandtheilen derselben wenden.

Durch die genauesten und umfangreichsten Untersuchungen ist es nachgewiesen, dass nirgends im Boden, sei es in der Acker- und Gartenerde, sei es im Waldboden, so viel im Wasser lösliche stickstoffhaltige Körper enthalten sind, als die Pflanzen zu ihrer Ernährung bedürfen; auf der andern Seite hat man gefunden, dass weder Thiere noch Pflanzen im Stande zu sein scheinen, den Stickstoff der Atmosphäre sich anzueignen und zu verarbeiten. Mit Bestimmtheit ist dies für die Thiere nachgewiesen, und es scheint auch für die Pflanzen angenommen werden zu müssen, obgleich gewisse Versuche das Gegentheil nicht ganz unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Allgemein verbreitete Verbindungen des Stickstoffs, — und nur solche, die sich überall finden, können als Nahrung für die Pflanzen angesprochen werden, — sind die Ammoniaksalze, die sich immer da bilden, wo organische Wesen, Thiere und Pflanzen verfaulen. Man hat daher allgemein angenommen, dass Ammoniaksalze die Quelle des Stickstoffs für die Pflanzen sind, indem sie zugleich einen Theil des nöthigen Wasserstoffs liefern. Es bleibt nur zu erörtern übrig, ob die im Dünger enthaltenen Ammoniaksalze allein hinreichend für den Bedarf an Stickstoff sind, oder ob nicht das Ammoniak auf ähnliche Weise, wie die Kohlensäure zum grössten Theil aus der Luft stammt.

Wiesen, die nie gedüngt werden, liefern vom Morgen jährlich je nach der Witterung 20 his 30 Centner Heu; da aber lufttrocknes Heu bis $1\frac{1}{2}$ Procent Stickstoff enthält, so sind in jenem Heu 30 bis 45 Pfund Stickstoff enthalten; jedes Jahr wird diese Menge dem Boden entzogen, ohne je ersetzt zu werden.

Käse ist eine sehr stickstoffreiche Substanz; die Kühe müssen den darin enthaltenen Stickstoff mit den Pflanzen sich aneignen. Alljährlich werden aus der Schweiz sehr grosse Mengen Käse nach allen Erdtheilen ausgeführt, die Herden aber auf den Alpen geweidet, die nie gedüngt werden.

Aus dem südlichen Russland wird sehr viel Rindfleisch, besonders nach England, verschifft; Fleisch ist aber ein sehr stickstoffreiches Erzeugniss; der auf diese Weise entführte Stickstoff wird dem Boden nie ersetzt, mit dessen Pflanzen die Thiere ernährt und gemästet werden.

In vielen Gegenden des mittlern und südlichen Russlands werden die Felder eben so wenig gedüngt, als in Armenien, weil der getrocknete Mist wegen Holzmangels als Brennmaterial dient. Dennoch bringen die Aecker Russlands ihr Getreide, weiden die Armenier ihre Büffelherden; in beiden Fällen wird Stickstoff, werden Ammoniaksalze verbraucht.

Thee und Kaffee sind sickstoffreiche Substanzen und werden in grossen Mengen ununterbrochen aus den Tropen-

gegenden bei uns eingeführt; der abgegebene Stickstoff kann dem Boden jener Länder nie ersetzt werden, da er ja ausgeführt, dagegen aber keine stickstoffhaltige Substanz dort eingeführt wird.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um zu beweisen, dass die im Boden enthaltenen Ammoniaksalze keineswegs für die Ernährung der Pflanzen hinreichend sind, da in diesem Falle alle angeführten Gegenden schon längst ohne Pflanzendecke sein müssten, weil das Ammoniak in den eigentlichen Mineralien nicht vorkommt. Aus vielen und umfassenden Versuchen wird es aber sogar wahrscheinlich, dass die Ernährung der Pflanzen fast unabhängig von den im Dünger enthaltenen Ammoniaksalzen ist. Denn bei einer Reihe von Ernten, die auf demselben, einmal gedüngten Boden gewonnen wurden, war der Stickstoffgehalt ganz unabhängig von der Folge, in der die verschiedenen Ernten erhalten wurden, was nicht der Fall sein könnte, wenn ein solches Abhängigkeitsverhältniss des Stickstoffgehaltes der Ernte von dem des Düngers stattfände.

Man erhielt nämlich vom Morgen in sechs aufeinanderfolgenden Jahrgängen in den Ernteerträgen folgende Stickstoffmengen:

Bei Kartoffeln im frischen Dünger .	24,75	Pfd. Stickstoff,
„ Weizen im 2. Jahr	18,92	„ „
„ Klee im 3. Jahr	45,21	„ „
„ Weizen und Rüben im 4. Jahr .	29,93	„ „
„ Erbsen im 5. Jahr	52,63	„ „
„ Roggen im 6. Jahr	17,53	„ „

Also im Ganzen 188,77 Pfund Stickstoff. Während der auf den Acker gebrachte Dünger nur 130 Pfund Stickstoff erhielt, hatte man in sechs Ernten doch 189 Pfund Stickstoff gewonnen; man hat überhaupt die Erfahrung gemacht, dass die Stickstoffmenge der Ernte im Allgemeinen dreimal so gross ist, als der des aufgebrachten Düngers.

Wenn es aber feststeht, der Dünger kann nicht allein die nöthigen Ammoniaksalze liefern, so darf man mit Recht

fragen, welche sonstigen Quellen des Ammoniaks es giebt, und wo man es zu suchen hat?

Ueberall, wo organisches Leben besteht, geht dem Leben stets der Tod zur Seite, der in seinem Gefolge die Verwesung mit sich führt; der durchdringende Geruch, den faulende Körper verbreiten, verdankt seinen Ursprung neben dem Schwefelwasserstoff den flüchtigen Ammoniaksalzen, woher es kommt, dass sich zu allen Zeiten in der Atmosphäre solche finden, wenn sie auch ihrer geringen Menge willen oft schwierig nachzuweisen sind. Ihre Menge in der Luft ist so gering, weil sie, von Wasser gelöst, mit dem Regen zu Boden fallen und von den Pflanzen gerade so wie die Kohlensäure aufgenommen und verarbeitet werden. Aus Mulders Untersuchungen scheint ausserdem hervorzugehen, dass beim Verwesungsprozess nicht nur der Stickstoff der organischen Körper in Ammoniakverbindungen eingeht, sondern dass auch der beim Faulen frei werdende Wasserstoff sich zum Theil mit dem Stickstoff der Luft verbindet und so die Veranlassung zum Entstehen von Ammoniaksalzen wird. Ja der Stickstoff der Atmosphäre scheint noch auf eine andere Weise die Bildung von Ammoniaksalzen zu befördern. Es ist nämlich eine allgemein bekannte Thatsache, dass sich im rostenden Eisen stets Ammoniak findet, was man sehr leicht erkennen kann, wenn man das Eisen mit Kalilauge übergiesst, wodurch sofort der stechende Geruch nach Ammoniak entsteht. Eben so bekannt ist es nun, dass Eisen in trockner Luft bei gewöhnlicher Temperatur blank bleibt und nur in feuchter Luft rostet; daraus scheint hervorzugehen, dass das Eisen sich nicht mit dem Sauerstoff der Luft direkt verbindet, sondern dass durch die Einwirkung des Wassers und der Luft Eisenoxydhydrat entsteht, dass dabei Wasserstoff frei wird, der sich mit dem Stickstoff zu Ammoniak verbindet. Diese Wechselzersetzung kann eine unerschöpfliche Quelle der Ammoniakerzeugung und so der Stickstoffnahrung für die Pflanzenwelt sein.

Bei der Verbrennung oder Destillation von Pflanzen und Thierstoffen werden ebenfalls bedeutende Mengen von Ammoniaksalzen erzeugt; erhielt man doch früher den Salmiak oder Chlorammonium aus Armenien und Aegypten, wo man ihn durch Verbrennung von Kameelmist, dem Brennmaterial jener holzarmen Gegenden, als Nebenprodukt gewann. Diesem Ursprungsorte verdankt auch das Ammoniak seinen Namen, indem es im Handel armenisches Salz, *Sal armeniacum* hiess, woraus durch Korruption Salmiak entstanden ist. In neuerer Zeit, da die Benutzung und Bereitung von Steinkohlengas eine grosse Ausdehnung gewonnen hat, erhält man grosse Mengen von Ammoniaksalzen bei der Destillation dieser Stoffe als Nebenprodukt, und es ist nicht schwer einzusehen, wie in den Abfällen dieser Fabriken den Pflanzen viele Ammoniaksalze geboten werden.

Endlich darf nicht unerwähnt gelassen werden, dass Vulkane und vulkanische Gegenden neben Wasserdampf, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff auch bedentende Mengen von Ammoniakverbindungen aushauchen, die dem Pflanzenleben zu Gute kommen, oder die vielmehr von den Pflanzen verarbeitet werden müssen, wenn die Luft athembar, d. h. in dem Zustande bleiben soll, dass Thiere darin leben können.

So hat die Natur auch hier mit verschiedenen Mitteln gesorgt, dass die Verbindungen, die den nöthigen Stickstoff den Pflanzen darbieten können, überall und in reichlicher Menge vorhanden sind und nach ihrer Vernichtung immer von Neuem gebildet werden; es zeigt sich hier wie überall in der Natur ein ewiger Kreislauf, ein beständiger Stoffwechsel, ein Wandern des Stoffes aus einer Verbindung in die andere, von einem Geschöpf zum andern.

Obgleich die Kohlensäure und das Ammoniak den Pflanzen den Kohlenstoff, den Stickstoff, den Wasserstoff und den Sauerstoff in brauchbarer Form darbieten, so wissen wir doch, dass keine Pflanze ohne Wasser zu leben vermag; die Pflanze kann aus demselben noch Wasserstoff und Sauerstoff aufnehmen, indem sie es zu ihren besondern Zwecken zersetzt,

oder indem es unverändert in die Verbindungen der Pflanzensubstanz eingeht.

Die hauptsächlichste Rolle jedoch, die das Wasser bei der Ernährung spielt, ist die eines Lösungsmittels sowohl für die organischen als für die unorganischen Bestandtheile, obgleich in neuester Zeit bestritten wird, dass die Salze in Lösung aufgenommen würden. Da aber die Pflanzen keinen Mund haben wie die Thiere, die Nahrungsstoffe, wie wir später sehen werden, die Zellwand durchdringen müssen, so ist es schwer erklärlich, auf welche Weise die festen Stoffe in die Pflanze gelangen sollen, wenn nicht im Zustande feinster Zertheilungen, wie diess eben in einer Lösung der Fall ist.

Auch beim Wasser drängt sich die Frage auf, welches die Quellen seien, aus denen die Pflanze dasselbe erhält? Scheinbar ist diese Frage ganz überflüssig, indem man allgemein der Ansicht ist, das Wasser falle in Gestalt von Regen nieder, werde von dem Boden aufgenommen, und dieser führe es in genügender Menge den Pflanzen zu. Betrachtet man diese Erklärung genauer, so genügt sie für viele Erscheinungen nicht, und man kommt schliesslich zu dem Ergebniss, dass sogar der grössere Theil des Wassers den Pflanzen auf einem andern Wege zugeführt werden müsse.

Bekanntlich finden sich mitten in der grossen afrikanischen Wüste Oasen, das sind fruchtbare Stücke Landes, in denen Dattelpalmen und hin und wieder auch Gräser gedeihen; Regen ist hier aber eine ganz unbekannte Erscheinung, weil der von der heissen Sandwüste aufsteigende Luftstrom die den Wasserdampf führenden Luftströme nicht nur nicht abkühlen kann, wodurch der überschüssige Wasserdampf als Regen zu Boden fiele, sondern er befähigt die Luft sogar, noch mehr Wasserdampf aufzunehmen, da mit der Temperatur die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf aufzunehmen, sich bekanntlich steigert. Aehnliche Verhältnisse gelten in den regenlosen Küstenstrichen des westlichen Südamerika, in Peru und Chile. Es könnte demnach, der gewöhnlichen Vorstellung ge-

mäss, weder in jenen Oasen, noch an dieser Küste irgend eine Pflanzendecke geben.

Mit Hülfe des Regenmessers kann man die Menge des Regens, welcher auf eine Fläche von bestimmter Grösse in einer gegebenen Zeit fällt, bestimmen. In England fällt nach diesen Messungen in den vier Sommermonaten auf einen Morgen Landes höchstens eine Million Pfund Wasser in Form von Regen. Nach genauen Berechnungen, soweit ähnliche Untersuchungen überhaupt Genauigkeit gestatatten, fliessen davon im Mittel mindestens zwei Fünftheile durch Bäche und Flüsse ab; ausserdem verdunstet unmittelbar nach dem Regen eine höchst bedeutende Menge, deren Grösse sich aber nicht einmal annähernd angeben lässt, da sie von herrschenden Winden, der Temperatur, der Gestaltung und Bedeckung des Bodens abhängig ist; ihre Berechnung ist geradezu unmöglich. Wir glauben aber nicht zu viel zu behaupten, wenn wir annehmen, nach Abzug des Verlustes durch Abfliessen und Verdunsten verbleibe dem Boden höchstens die Hälfte des gefallenen Regens, also nur $\frac{1}{2}$ Million Pfund. Die Kohlpflanzen eines Morgens gebrauchen aber mindestens 800000 Pfund, indem in der gegebenen Zeit diese Menge allein ausgeathmet wird von den Pflanzen. Wäre der Acker mit Sonnenblumen, *Helianthus annua*, bestanden, so wäre der Bedarf eine Million, bei Obstbäumen zwei Millionen und bei Wiesenpflanzen sogar vier bis fünf Millionen Pfund Wasser, so dass jene Wassermengen nur $\frac{5}{8}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ des ausgehauchten Wassers geliefert hätten. Wir sehen demnach auch hier wie bei der Kohlensäure und dem Ammoniak, dass die im Boden enthaltene Menge geradezu verschwindend klein gegen den wirklichen Verbrauch ist. Es folgt daraus unmittelbar, dass nicht die Menge des gefallenen Regens die Fruchtbarkeit einer Landschaft bedingt, sondern dass es die Menge von Wasserdampf ist, den die Winde einer Gegend zuführen und gerade dann zuführen, wenn es Sommer ist, das heisst, die Zeit, in der das Pflanzenleben seine grösste Entfaltung hat. Soll also ein Boden fruchtbar sein, so muss er die Eigenschaft haben,

viel Wasserdampf aus der Luft anzuziehen und zu verdichten. Enthält demnach der Boden Salze, z. B. Thon, die begierig Feuchtigkeit aus der Luft aufsaugen, so wird er dadurch fruchtbar. Weit mehr aber noch, als Salze und eine mechanische Auflockerung des Bodens die Anziehung des Wasserdampfes aus der Luft bewirken, geschieht diess durch verwesende organische Substanzen, da sie im hohen Grade hygroskopisch sind. Nicht die grössern Regenmengen, nicht die höhere Temperatur der Tropengegenden allein bewirken es, dass das Pflanzenleben jener Regionen um so viel üppiger ist; es ist vielmehr der grössere Wassergehalt der Luft, der allerdings durch die höhere Wärme bedingt wird.

Um einen ungefähren Begriff zu geben, wie von der Art des Bodens die Fähigkeit abhängt, Wasserdampf aus der Luft zu verdichten, wollen wir hier die Ergebnisse von Untersuchungen anführen, welche Schübler in Tübingen zu diesem Behufe ausgeführt hat. Sie wurden in der Art angestellt, dass er 1000 Gran Erde auf eine Fläche von 30 Quadratzollen ausbreitete und sie der Luft aussetzte, die bei 12 — 15° mit Wasserdampf gesättigt war. Es wurden an Wasserdampf verdichtet:

In Stunden . . .	12	24	48	72
von reinem Sand . . .	0 Gran,	0 Gran,	0 Gran,	0 Gran,
„ Kalksand	2 „	3 „	3 „	3 „
„ Gypserde	1 „	1 „	1 „	1 „
„ Lettenthon	21 „	26 „	28 „	28 „
„ Lehm	25 „	30 „	34 „	35 „
„ grauem, reinem Thon	37 „	42 „	48 „	49 „
„ feiner Kalkerde . . .	26 „	31 „	35 „	35 „
„ feiner Bittererde . .	69 „	76 „	80 „	82 „
„ Humus	80 „	97 „	110 „	120 „
„ Gartenerde . . .	35 „	45 „	50 „	52 „
„ Ackererde . . .	16 „	22 „	23 „	23 „
„ Mergel . . . . ,	24 „	29 „	32 „	33 „

Humus verdichtet am meisten Wasser, reiner Quarzsand gar keines. Wenn schon diese Versuche nicht unmittelbar auf

die Natur übertragen werden können, wenigstens nicht in ihrer gegenwärtigen Gestalt, da sowohl Temperatur als Feuchtigkeitsgrad der Luft einem beständigen Wechsel unterworfen sind, auch die Erdschichten ununterbrochen sich ändern, — so lehren sie doch, dass bedeutende Wassermengen vom Boden verdichtet werden, und dass diese Mengen von der Art des Bodens abhängig sind. Wahrhaft fruchtbar könnten aber derartige Untersuchungen werden, wenn sie sich auf Erdschichten von verschiedener Dicke bei verschiedenen Temperaturen und Feuchtigkeitsgraden erstreckten.

Schon oben erwähnten wir, dass die Pflanzen ausser den sogenannten organischen Elementen anorganische enthalten; natürlich müssen sie aufgenommen werden. Einige dieser Stoffe, nämlich Phosphor und Schwefel, verhalten sich den organischen Elementen ähnlich, indem sie mit jenen Verbindungen eingehen, welche höchst wichtige Bestandtheile der Pflanzen und von einer noch lange nicht genau erkannten Wirkung für den Stoffwechsel sind; Phosphor und Schwefel kommen in den eiweissartigen Körpern, besonders reich im Samen der Hülsenfrüchte vor; Schwefel findet sich in einigen flüchtigen Oelen, z. B. im Senföl. Die übrigen unorganischen Elemente erscheinen zwar als unentbehrlich für das Leben, fehlen jedoch in den eigentlichen Pflanzengebilden; sondern sie treten meist in den Hohlräumen der Pflanzen in Form von Krystallen oder gelöst im Zellensafte auf, und schon Malpighi fand krystallisirte unorganische Stoffe in den verschiedenen von ihm untersuchten Gewächsen. Die Halme der Gräser und besonders der Schachthalm verdanken ihre Festigkeit und Härte einzig solchen in krystallinischer Gestalt ausgeschiedenen Stoffen, der Kieselerde nämlich.

Als sicher nachgewiesen finden sich in den Pflanzen folgende Stoffe: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Kiesel, Silber, Kupfer, Eisen, Zink, Chlor, Brom, Jod und Arsenik; für die Gewinnung der Kalisalze und des Jod sind sie bis jetzt sogar die einzige Quelle, wo sie sich in

grösserer Menge finden. Diese Stoffe kommen aber in den Pflanzen nicht im metallischen Zustande vor, sondern in den mannichfachsten Verbindungen, besonders an organische Säuren gebunden. Solche Elemente, die sich in ihren Eigenschaften und in ihren Verbindungen sehr nahe stehen, scheinen sich gegenseitig vertreten zu können, jedoch nur in sehr beschränktem Masse. Bekannt ist, dass die Landpflanzen besonders reich an Kalisalzen sind, weshalb man ihre Asche zur Gewinnung des kohlensauren Kali's, d. h. der Pottasche benutzt, während bei den Seepflanzen und in den sogenannten Salzpflanzen die Natronsalze vorherrschen; jedoch sind auch Seepflanzen häufig reicher an Kali, obgleich ihnen Natronsalze in bei weitem grösserer Menge zu Gebote standen, indem Kochsalz den Hauptbestandtheil der festen Rückstände des Meerwassers ausmacht. Schulz-Fleeth untersuchte zwei in demselben Bache dicht nebeneinander wachsende Pflanzen, die Wasseraloë *(Stratiotes angustifolia)* und die Hottonie *(Hottonia palustris)*, auf ihren Gehalt an anorganischen Stoffen und fand in der erstern nur Kali, in der andern nur Natron, obgleich beide Alkalien in ihren Eigenschaften und Verbindungen ausserordentlich ähnlich sind. Diese Erfahrung gewährt uns einen Fingerzeig, warum auf dem einen Boden diese, auf dem andern jene Pflanzen besser gedeiben, wenn auch dem äussern Anscheine nach der eine Boden dem andern ganz gleich ist. Zugleich lehrt uns diese Beobachtung, wie wichtig für die Landwirthschaft die Bodenkunde und die Ackerbauchemie sind, und welchen Einfluss sie im Laufe der Zeit gewinnen werden. Wir verwahren uns jedoch gegen die Unterstellung, als ob mit der Chemie allein und nur im Laboratorium des Chemikers der Ackerbau seiner Vervollkommnung entgegengeführt werden könne. Wir wollen umsomehr vor derartigen einseitigen Auffassungen warnen, als sie einer gedeihlichen Entwicklung der Landwirthschaft nur hinderlich sein könnten; auch deswegen, weil in den letzten Jahren eine grosse Zahl von Büchern erschienen ist, die theils nur Buchhändlerspekulationen ihren Ursprung verdanken, theils aber

beim redlichsten Streben des Verfassers auf so einseitigem Standpunkte stehen, dass sie die Ergebnisse der Wissenschaft bei dem Landwirth in einem üblen Kredit bringen, statt den Landmann zu eignen Untersuchungen anzuspornen; zu der ersten Art gehören alle sogenannten Geheimmittel, den Ertrag des Bodens zu verdreifachen u. s. w., wie marktschreierischer Weise angekündigt wird.

Wenn man Pflanzen verbrennt, so befinden sich in der Asche alle unorganischen Stoffe, welche in der lebenden Pflanze vorhanden waren, freilich meist in andern Verbindungen, da beim Verbrennen z. B. alle organischen Säuren in Kohlensäure übergeführt wurden, weshalb die Alkalien und Erden meist als kohlensaure Salze auftreten. Die Menge ist im Verhältniss zur ganzen Pflanze immer gering; sie beträgt im Durchschnitt nur wenige Prozent vom Gewicht der verbrannten Substanz. Krautartige Gewächse und Rüben geben den höchsten, Hölzer den geringsten Aschengehalt. Im Stroh der Getreidearten hat man fünf, in den Samenkörnern zwei, im Kraut der Hülsenfrüchte fünf, in den Körnern drei, in den Kleearten sieben bis zehn, in den Blättern der Zuckerrübe *(Beta alba)* über zwanzig, des Tabaks bis drei und zwanzig, in den Kartoffeln aber vier Procent Aschenbestandtheile gefunden. Diese bei verschiedenartigen Pflanzen vorkommenden Unterschiede im Aschengehalt erstrecken sich jedoch nicht auf Pflanzen derselben Art; im Gegentheil ist bei ihnen, wenn sie auch von den verschiedensten Standorten untersucht wurden, der Aschengehalt ziemlich genau übereinstimmend gefunden. Dagegen verhalten sich verschiedene Theile derselben Pflanze sehr abweichend; die meiste Asche geben die grünen Theile und die Pflanzensäfte.

Unter den einzelnen Verbindungen hat das Oxyd des Kaliummetalls, das Kali, die weiteste Verbreitung; es beträgt häufig mehr als die Hälfte der Asche, bei einigen Pflanzen, als den Kartoffeln und Rüben, sogar das Fünfzehnfache aller übrigen anorganischen Subtsanzen. Das dem Kali so ähnliche

Natron ist viel weniger verbreitet, nur selten übertrifft seine Menge die des Kali's. Besonders reich an Natronsalzen sind die verschiedenen Rübenarten und die Melde (*Chenopodium*); manche Seepflanzen enthalten so viel davon, dass man aus ihrer Asche Soda bereitet, und die Soda von Alikante ist ein Produkt einer Chenopodiumart.

Nächst dem Kali findet sich am häufigsten der Kalk, der in vielen Fällen das Kali ersetzen zu können scheint, da seine Menge zunimmt, wo die des erstern sich vermindert. Am kalkärmsten sind die Kartoffeln, woher es zu kommen scheint, dass Menschen, die nur von Kartoffeln leben, einen schwachen Knochenbau haben, die sogenannte englische Krankheit, da dem Körper mit der Nahrung nicht so viel Kalk zugeführt wird, als zum Aufbau des Knochengerüstes nöthig ist; besonders nachtheilig ist daher für Kinder die ausschliessliche Ernährung mit Kartoffeln, während bei Erwachsenen das Knochengerüst schon vorhanden ist. Wollen wir daher ein tüchtiges Geschlecht erziehen, so müssen wir dahin streben, den Kindern der Armen eine bessere Nahrung zu verschaffen. Reich an Kalksalzen sind dagegen die Linsen, und sie können nicht genug als ein Ersatz für die mangelnde Fleischnahrung empfohlen werden, um so mehr, als sie eine den Ackerbau gut lohnende Frucht sind.

Viel seltener als der Kalk ist die Magnesia, und sie übertrifft an Menge nur selten den erstern, wie in einigen Getreidearten und Rüben.

Die Thonerde scheint in den meisten Fällen eher eine Verunreinigung der Asche, als wirklicher Bestandtheil derselben zu sein; doch finden sich bis vierzig Prozent derselben in der Asche des sogenannten Bärlapp.

Kupfer und Silber finden sich nur in seltenen Fällen und nur in geringen Mengen; sie scheinen nicht nothwendig für das Leben der Pflanzen zu sein. Fast eben so selten ist das Eisen und der Gehalt immer gering; dennoch hat es den Anschein, als ob Eisen eine nicht unwichtige Rolle bei der Ernährung spiele.

Zink ist bis jetzt in einer einzigen Pflanze, im sogenannten Galmeiveilchen entdeckt, und es scheint für dieselbe eine Lebensbedingung zu sein, da man es angeblich nur an Orten gefunden hat, deren Zinkreichthum bekannt ist.

Die Kieselsäure findet sich, wie wir schon oben anführten, besonders in den Halmen der Gräser, der Rohrarten, der Binsen und der Schachtelhalme; ihre Asche ist oft reine Kieselerde.

Das Chlor hat man im Safte der verschiedensten Pflanzen nachgewiesen, aber oft in wechselnden Mengen, selbst bei Pflanzen von demselben Boden nnd derselben Art, wogegen Jod und Brom bis jetzt nur in Seepflanzen entdeckt sind. Arsenik ist viel verbreiteter, als man bisher glaubte, aber stets in so kleinen Mengen, dass der Nachweis desselben nur bei ganz feinen Methoden gelingt; sein Vorkommen scheint nur durch seine Gegenwart in fast jedem Ackerboden bedingt, aber ohne Einfluss auf die Ernährung; ist seine Menge im Boden etwas bedeutender, so wirkt es sogar als Gift auf das Pflanzenleben, wahrscheinlich in ähnlicher Weise, wie bei den Thieren.

Die anorganischen Stoffe, welche wir als den Pflanzen eigen so eben angeführt haben, sind überall ein Bestandtheil des Erdbodens, dem sie durch das verwitternde Gestein immer von Neuem zugeführt werden. Es ist jedoch einleuchtend, dass bei steigernder Produktion die Salze dem Boden immer mehr entzogen werden, dass man daher Sorge tragen muss, die Verarmung des Bodens an diesen Stoffen zu verhüten, weil anderweit das Gedeihen der Pflanzen nothwendig aufhören müsste. Den grössten Theil der Salze kann der Dünger dem Boden wieder geben, weil sie nicht in Gasgestalt entweichen, wie die verwesenden organischen Stoffe; es ist daher ein gar nicht zu entschuldigendes Verfahren, wenn man die Jauche, welche den grössten Theil derselben gelöst enthält, wegfliessen lässt und dadurch die Strassen verpestet, statt sie auf den Acker zu fahren oder noch besser fleissig über den Dünger zu giessen, welcher die Salze zurückhält, während das Wasser verdunstet. Wenn man Aecker und Wiesen mit

Guano, Knochenasche, Asche, Bauschutt, Mergel bestreut, so hat diess wesentlich den Zweck, dem Boden die mangelnden Salze zuzuführen; leider sind sich die Leute dessen selten bewusst, und eine genaue Kenntniss des Bodens ist das einzige Mittel, die Wahl dieser Stoffe zu bestimmen. Ein anderes, wichtiges Mittel, den Boden mit Salzen zu bereichern, ist ein tiefes Bearbeiten desselben, indem dadurch die untern, man könnte sagen noch jungfräulichen, an Salzen reichen Schichten an die Oberfläche kommen. Diess scheint ein englischer Landwirth in seiner ganzen Wichtigkeit erkannt zu haben, der in einer Schrift, die 1856 schon fünfzehn Auflagen erlebt hatte, wahrhaft überraschende Resultate mittheilt, die er bei der Weizenkultur durch eine tiefe Bearbeitung des Bodens erlangt hat*).

Viele Stoffe kommen im Boden in so ausserordentlich geringer Menge vor, dass es dem Chemiker oft nicht gelingt, ihre Gegenwart an irgend einer Lokalität nachzuweisen; dennoch findet man sie in den Pflanzen. Aus dieser Erscheinung geht hervor, dass die Pflanzen die Eigenschaft haben, die ihnen nöthigen Körper, man möchte sagen, aufzuspüren und sich anzueignen; sie sind wahre Sammler solcher Substanzen und machen es dem Menschen möglich, sie in grösserer Menge zu gewinnen, während man sie auf anderem Wege gar nicht oder nur mit sehr grossen Kosten erhalten könnte. Zu diesen Stoffen gehören das Kali, das Jod und der Phosphor, welchen letztern wir aus den Knochen der Thiere erhalten, die ihn mit der Pflanzennahrung sich aneignen. Wo Pflanzen gedeihen, muss es im Boden Phosphorsäute geben, wenn man nicht annehmen will, dass der Phosphor innerhalb der Pflanzen aus dem Nichts geschaffen werde; aber in den seltensten Fällen ist es möglich, mit Hülfe chemischer Mittel ihre Gegenwart in der Ackererde darzuthun. Noch auffälliger ist es mit dem

---

*) Der Titel der Schrift lautet: *A Word in Season; or how to grow wheat with profit. Fifteenth edition, corrected; with a word or two more to those who have tried.* London 1856.

Jod; wenn auch selten, so kann man doch die Phosphorsäure nachweisen; das Jod im Seewasser zu entdecken, ist uns noch nicht gelungen. Dennoch wird es in nicht unbedeutenden Mengen aus Pflanzen gewonnen, die im Meere wachsen. Die Gewinnung des Jod ist aber sehr wichtig, da es eine bedeutende Anwendung in der Medizin und bei der Anfertigung von Lichtbildern findet.

Was endlich noch die Form betrifft, in welcher die unorganischen Stoffe in den Organismus der Pflanzen gelangen, so ist nicht gut eine andere Möglichkeit denkbar, als dass diess in Lösungen geschieht. Zwar hat Liebig in neuester Zeit dieser Annahme widersprochen, indem er sich auf die Erfahrung stützt, dass Salzlösungen, wenn man sie durch eine hohe Schicht Ackererde fliessen lässt, einen grossen Theil des gelösten Salzes an die Ackererde abgeben. Deswegen, meint er gegen seine frühere Ansicht, die Pflanzen nähmen die Salze in fester Form auf, indem er noch als Beweismittel hinzufügt, dass die Salze immer tiefer in den Boden eindringen müssten, also den Pflanzen entzogen würden, wenn das Wasser dieselben löse. Warum soll die Lösung, die sich in den obern Schichten befindet, nicht die Salze seinem Versuche gemäss dort lassen, wenn die verdünntere Flüssigkeit nach unten dringt? Auf der andern Seite kann man aber aus unlöslichen Stoffen durch hinreichende Mengen Wassers nach und nach alle löslichen auswaschen, ein Verfahren, das Liebig nicht minder als andere Chemiker anwendet. Aber abgesehen davon, was sich vom Standpunkte des Chemikers hier noch anführen liesse, ist es absolut unmöglich, dass die Pflanzen die Salze in fester Form aufnehmen, weil alle Oeffnungen fehlen, durch die feste Körper eindringen könnten, indem es bis jetzt noch nicht gelungen ist, mit dem schärfsten Mikroskope Oeffnungen oder Löcher in der Wandung jugendlicher, saftgefüllter Zellen zu entdecken; die Salze finden sich aber innerhalb der Zellen.

Ob Phosphor und Schwefel in Form von phosphorsauren und schwefelsauren Salzen oder als Phosphor- und Schwefel-

wasserstoff aufgenommen werden, ist noch unentschieden und dürfte überhaupt schwer zu entscheiden sein, da ihre Menge im Verhältniss zur ganzen Pflanze ausserordentlich gesing ist. Ein Morgen Erbsen oder Linsen, die am meisten eiweissartige Substanzen erzeugen, daher auch am meisten Phosphor und Schwefel gebrauchen, verbraucht für eine Ernte kaum zwei Pfund Schwefel und ein Pfund Phosphor. Es enthält daher die Annahme nichts Widersinniges, so geringe Mengen von Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff fänden sich immer in der Luft, um diesen geringen Bedarf zu decken, zumal sich bei jeder Verwesung diese Verbindungen bilden, und Schwefelwasserstoff auch von den Vulkanen ausgehaucht wird. Ebenso unbedenklich ist die Meinung, es würden phosphorsaure und scwefelsaure Salze aufgenommen, um so weniger, als beide Salze ausserordentlich verbreitet sind und ihre Säuren in den lebenden Pflanzen selbst vorkommen.

Fassen wir noch einmal die gewonnenen Resultate zusammen, so haben wir einen sehr einfachen Stoffwechsel: die Pflanzen nehmen aus der anorganischen Welt Kohlensäure, Ammoniak, Wasser und einige Salze auf, indem sie diese Stoffe überall vorfinden. Sie werden verarbeitet und in organische Materie übergeführt, die alsdann den Thieren zu ihrer Ernährung dient; diese scheiden sie aber wieder als unorganische Stoffe aus oder zerfallen in solche bei ihrem Tode, und der Kreislauf derselben beginnt aufs Neue.

Man könnte noch einwerfen, der Dünger wäre bei dieser Auffassung der Pflanzennahrung ein ganz überflüssiges Ding; wäre die Sache so, wie wir sie eben dargestellt, so hätte man gar nicht nöthig zu düngen.

Wir glauben aber nicht zu einer solchen Auffassung Veranlassung gegeben zu haben, denn warum sollte der Dünger, indem er in seine Bestandtheile zerfällt, nicht mittelbar zur Ernährung beitragen? Ausserdem haben wir schon angeführt, wie er es wesentlich ist, der dem Boden die Salze zuführt und wie man seine Wirksamkeit in diesem Sinne noch bedeutend erhöhen könnte. Freilich könnte man ihn in dieser Eigen-

schaft entbehren, indem man die Salze in anderer Form dem Acker zuführte, was denn auch in der That häufig geschieht. Unersetzbar ist aber seine Eigenschaft, Feuchtigkeit aus der Luft zu verdichten und so den Pflanzen die nöthige Nahrung, Wasser und die darin gelösten Stoffe, zur Aufnahme bereit zu halten. In Wäldern und auf Wiesen, wo stets abgestorbene Pflanzentheile vorhanden sind, ist er auch in der That ganz entbehrlich, wenn man sie nur, besonders die Wiesen, von Zeit zu Zeit mit den nöthigen Salzen versorgt. Es soll aber keineswegs damit gesagt sein, der Dünger wäre den Wiesen nicht vortheilhaft; er kann im Gegentheil dazu beitragen, eine schlechte Wiese bedeutend zu verbessern, besonders wenn man ihn nicht, wie es häufig geschieht, blos auf die Wiese streut, sondern ihn tüchtig unterarbeitet, da er alsdann den Boden auflockert und ihn befähigt, einerseits überschüssiges Wasser durchzulassen, andererntheils Wasserdampf aus der Luft zu verdichten.

Eine ganz eigenthümliche Abtheilung der Pflanzen bilden die Schmarotzer, viele tropische Orchideen und Aroideen, die Orobanchen, die Mistel, viele Pilze, Schwämme und Flechten, die nur auf organischen Geschöpfen, auf lebenden oder verwesenden gedeihen. Dieses Vorkommen auf andern Organismen, dieses Gefesseltsein an das Dasein anderer organischer Geschöpfe, in denen sie wurzeln, scheint zu beweisen, dass sie wenigstens nur von schon organisirten Stoffen leben können. Im Gegensatz zu den übrigen Gewächsen muss ihnen die Nahrung vorbereitet sein, sie können nicht Kohlensäure und Ammoniak zersetzen, wie diess von den andern Pflanzen geschieht. Zur Zeit aber fehlt uns noch alles Material, Näheres über die Ernährung der Schmarotzer anzugeben; auch verschwinden sie im grossen Ganzen der übrigen organischen Welt.

Zweites Kapitel.

Von der Aufnahme der Nahrungsstoffe und ihrer Fortbewegung durch die Pflanze.

---

1) Vom Bau der Pflanze.

Bevor wir von der Aufnahme der Nahrungsstoffe sprechen können, müssen wir erst in wenigen Zügen ein allgemeines Bild vom Bau der Pflanzen entwerfen; denn ohne eine Kenntniss der anatomischen Verhältnisse und der einzelnen Theile der Pflanzen ist das Verständniss der Aufnahme der Nahrungsstoffe und die Art ihrer Aneignung unmöglich.

Während bei den Thieren, wenigstens bei den höhern, ein vollständiges System von Apparaten, Mund, Speiseröhre, Magen, Darm und Blutgefässe, die Ernährung vermitteln, suchen wir bei den Pflanzen vergebens nach ähnlichen Einrichtungen. Wenn man eine Pflanze mit blossem Auge oder bei schwacher Vergrösserung betrachtet, so erscheint jeder Theil derselben als eine vollkommen gleichartige Substanz, in der vor allen Dingen Oeffnungen, die in das Innere führen, ganz fehlen. Bei stärkerer Vergrösserung erscheint die vorhin gleichartige Masse gleichsam als aus einzelnen Maschen be-

stehend, die dicht neben einander liegen, deren jede für sich durch eine rings geschlossene Haut abgegrenzt ist, und die verschiedene Gestalt und Grösse haben. Bei sorgfältiger Behandlung kann man die einzelnen Maschen aus der ganzen Substanz unverletzt loslösen, besonders wenn man das Gewebe vorher mit Wasser oder Alkalien eine Zeit lang stehen lässt. Fig. 1 zeigt diese Maschen von verschiedener Grösse im Querschnitt eines Farrenkrautes.

Die Grundform dieser Maschen, welche die wahren Elementarorgane der Pflanze bilden, ist ein Bläschen von länglicher oder runder Gestalt; eine feste Haut schliesst eine Flüssigkeit ein. Man nennt diese Bläschen Zellen; stehen mehrere Zellen in einer Reihe übereinander und die Querscheidewände sind verschwunden, so hat man die Gefässe; sie bilden alsdann mehr oder weniger lange Röhren, an denen man aber immer noch unter dem Mikroskop erkennen kann, wo früher Scheidewände waren. Im jugendlichen Zustande bestehen daher alle Pflanzentheile aus Zellen; im weitern Verlaufe des Wachsthums verschwinden an gewissen Stellen die Querscheidewände zwischen je zwei Zellen, es entstehen die Gefässe. Die niedern Pflanzen, wie Algen, Flechten, Moose und Pilze bestehen ihr ganzes Leben hindurch nur aus Zellen, einzelne Arten sogar aus einer einzigen, wie das Hefenpflänzchen, durch dessen Gegenwart in zuckerhaltigen Flüssigkeiten die weingeistige Gährung hervorgerufen und unterhalten wird.

Die ursprüngliche Gestalt jeder Zelle ist die Kugelgestalt, und erst im weitern Verlaufe der Entwickelung und ihres Wachsthums nimmt sie die verschiedensten Formen an, theils bedingt durch den Raum, indem sie sich entwickelt, theils durch die Lage der sie umgebenden Zellen, theils durch eine gewisse einseitige Weiterbildung der Zellhaut. Bei frei sich nach allen Seiten ausdehnenden Zellen ist eine unendliche Formenverschiedenheit möglich; dagegen ist die vorherrschende Form derjenigen Zellen, die mit andern ein Gewebe bilden, die eines Polyëders, obgleich auch hier sich andere Formen entwickeln, z. B. sternförmige Gestalten. Fig. 2 zeigt ellip-

tische Parenchymzellen aus dem Blatte von *Acrostichon alcicorne*, Fig. 3 polyëdrische, aus dem Stengel der Gartenbalsamine.

Kurze, nach allen Richtungen nahezu gleichmässig ausgedehnte Zellen von vieleckiger oder fast kugeliger Gestalt bilden die Grundlage des Gewebes aller höher entwickelten Pflanzen, wenigstens in ihren jugendlichen Zuständen; bei der erwachsenen Pflanze bestehen das Mark, die Rinde, die Blattsubstanz und die Fortpflanzungsorgane fast ausschliesslich aus solchen Zellen. Man nennt diese Gewebe zum Unterschiede von den Gefässbündeln Parenchym, in seinem jugendlichen Zustande auch Kambium. Gefässbündel dagegen heissen die aus langgestreckten Zellen, die an ihren Enden zugespitzt sind, und aus Gefässen bestehenden faserigen Stränge, welche das Parenchym durchziehen und den Holzkörper bilden. Fig. 4 zeigt gestreckte Zellen aus dem Stengel der Saubohnen, *Vicia Faba*, Fig. 5 Gefässbündel aus derselben Pflanze, Fig. 6 gestreckte, an beiden Enden zugespitzte Zellen.

Was die Grösse der einzelnen Zellen betrifft, so sind sie im Allgemeinen so klein, dass wir sie mit blossem Auge nicht wahrnehmen können; nichtsdestoweniger ist ihr Volumen ausserordentlich verschieden; ihr Durchmesser schwankt bei Parenchymzellen zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{500}$ einer Linie, indem die Mehrzahl einen Durchmesser von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{100}$ Linie hat. Der Querdurchmesser der gestreckten Zellen ist im Allgemeinen noch geringer, als bei den Parenchymzellen; desto auffallender ist ihre Längenausdehnung, die zwischen $\frac{1}{3}$ Linie und einigen Zollen schwankt; Zellen jedoch, die länger als eine Linie sind, sind sehr selten; sie finden sich nur im Baste und in einigen Haaren bei den höheren Pflanzen, sind aber bei den niedern häufiger.

Die Zellenhaut ist in der Regel starr und steif, und zwar um so mehr, je älter die Zelle ist; die Zellen des Schachtelhalms sind sogar so hart in Folge darin abgelagerter Kieselerde, dass sie zum Poliren der Metalle dienen. Im jugendlichen Zustande ist die Zellhaut sehr weich; bei Algen, Pilzen,

bei manchen fleischigen Früchten und Blättern behält sie diesen Zustand auch im Alter bei.

Alle Zellhäute werden im Wasser aufgeweicht, um so leichter, je jugendlicher die Zellen sind; das Wasser durchdringt sie. In spätern Zuständen lagern sich andere Stoffe darauf ab, sie werden härter und nehmen häufig eine dunkle Färbung an, während sie früher farblos sind. Indem sich feste Stoffe aus dem Zellsafte ausscheiden, lagern sie sich am Innern der Zellenwand ab und geben zu den verschiedensten Bildungen Veranlassung, da sie sich nicht an allen Stellen gleichmässig niederschlagen. So entstehen unter andern die sogenannten Spiralgefässe und Treppengefässe; ferner die Tüpfel, die dazu Veranlassung gegeben haben, zu glauben, die Zellen seien an diesen Stellen durchlöchert, welche Meinung sich bei näherer Prüfung als falsch erweis't. Die Zellhaut ist im Gegentheil eine gleichartige Masse, ohne Fasern und besondere Strukturverhältnisse. Auch bei der stärksten Vergrösserung hat man eine Struktur eben so wenig als Oeffnungen darin entdecken können. Die mit einander verwachsenen Stellen lassen sich durch Drücken und Reissen von einander trennen, auf die leichteste Art bei sehr saftigen Geweben; bei andern Theilen der Pflanzen muss man sie durch Kochen, oder durch Behandlung mit Alkalien oder Säuren von einander entfernen.

Da die Zellen nur in seltenen Fällen mit geraden Endflächen aneinanderstossen, sondern meist an den Enden abgerundet sind, so entstehen zwischen ihnen hohle Räume, die nicht von einer Haut umgeben sind. Weil diese Hohlräume in einander münden, so entsteht zwischen den Geweben durch die ganze Pflanze hindurch nach allen Seiten verzweigt ein System von mehr oder weniger erweiterten Röhren. Sie sind bei lebenden Pflanzen meist mit Luft gefüllt und heissen Interzellulargänge oder Interzellularräume. Bei allen Pflanzentheilen, die im Innern der Erde oder unter dem Wasser wachsen, sind jene Räume nach Aussen abgeschlossen, indem an diesen Theilen die Oberhautzellen in ebenen Flächen an-

einanderstossen. Bei den Pflanzentheilen dagegen, die der Luft ausgesetzt sind, vor allen auf der Unterseite der Blätter, stehen sie mit der äussern Luft in Verbindung, indem ihre Ausgänge mit krummflächigen Zellen eingefasst sind; diese Oeffnungen heissen Spaltöffnungen oder Poren. Fig. 7 zeigt uns die untere Blattseite der stinkenden Niesswurz, *Helleborus foetidus*, in welcher bei *a* solche Poren sich befinden.

Im Allgemeinen sind die Interzellularräume sehr eng und zwar um so enger, je regelmässiger polyëdrisch die Zellen sind; es giebt jedoch Fälle, wo die Hohlräume eine so bedeutende Ausdehnung erlangen, dass ihr Rauminhalt grösser ist als der der Zellen, durch welche sie umschlossen werden; oft erweitern sie sich zu ordentlichen Säcken. Besonders auffällig tritt diese Erscheinung hervor bei den Blattstielen und Stämmen solcher Wasserpflanzen, die auf dem Boden wurzeln, deren Blüthen und Blätter aber auf dem Wasser schwimmen, wie bei der Wasserrose.

Nicht selten sind die Interzellulargänge mit Substanzen angefüllt, die von der Zellenhaut ausgeschieden sind, die man Interzellularsubstanzen nennt und die häufig als Bindemittel zwischen den einzelnen Theilen des Gewebes dienen. Bei den Nadelhölzern sind es Harze, bei andern Pflanzen, z. B. dem Essigbaum, Milchsaft, bei den Doldenpflanzen und bei den Orangen flüchtige Oele. Die an der Oberfläche der Pflanzen liegenden Zellen scheiden nach aussen ebenfalls Interzellularsubstanzen aus, welche eine äussere Schicht um alle der Luft ausgesetzten Theile bilden. Man hat diese Schicht Kutikula oder Oberhaut genannt.

Die Natur der Stoffe, welche den Zelleninhalt bilden, ist nach dem gegenwärtigen Standpunkte unsrer Kenntnisse kaum annähernd zu bestimmen, da die meisten derselben im Zellsafte gelöst sind, ihre Menge aber fast immer so gering ist, dass es unmöglich ist, sie durch chemische Hülfsmittel zu prüfen. In allen jungen Zellen findet sich der Innenwand der Zellhaut angelegt eine dünne, körnige Haut, die sich ablöst und zusammenzieht, wenn man die Zelle

mit starkem Weingeist behandelt. Diese Zelle in der Zelle, welche sich mit Jodlösung gelb färbt, während die eigentliche Zellhaut mit demselben Reagenz behandelt eine blaue Farbe annimmt, nennt ihr Entdecker, Hugo Mohl, Primordialschlauch. Sie enthält wahrscheinlich Stickstoff, während die äussere Zellenmembran nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht. Ferner findet sich im Innern junger Zellen der sogenannte Zellenkern, der oft im Verhältniss zur Grösse der Zelle sehr bedeutend ist. Primordialschlauch und Zellenkern sind für die Zellenbildung von der äussersten Wichtigkeit; mit dem Alter verschwinden beide Bildungen. Fig. 8 zeigt eine mit Alkohol behandelte Zelle; *a* ist die Zellhaut, *b* der Primordialschlauch, *c* der Zellenkern.

Der Zellensaft, obgleich immer klar und wasserhell, selten roth oder blau gefärbt, ist je nach der Stelle, wo sich die Zelle befindet, und je nach der Verarbeitung, welche die aufgesogene Flüssigkeit schon erfahren hat, ausserordentlich verschieden. Bei den höhern Pflanzen können nur die reifen Samen so vollständig ausgetrocknet werden, dass aller Zellsaft aus den Zellen verschwindet, ohne dass sie getödtet werden; niedere Pflanzen dagegen können Jahre lang ganz trocken aufbewahrt werden, und sie treiben von Neuem, wenn man sie an feuchte Luft bringt.

In den meisten Parenchymzellen findet sich, wenn auch nicht in allen Lebensperioden der Pflanze, das Chlorophyll oder Blattgrün, halb weiche Körnchen, welche die Ursache der den Pflanzen eigenthümlichen grünen Farbe sind; im Herbst verändert sich die chemische Natur dieser Körper. Gelöst im Zellsafte kommt dieser Farbstoff nie vor. Die Hauptmasse der Körnchen ist ein Wachs; nicht selten finden sich in ihnen Stärkekörner.

So allgemein aber auch das Blattgrün in den Pflanzen verbreitet ist, so sind doch die Stärkekörner noch viel verbreiteter, indem sie in allen Pflanzen mit alleiniger Ausnahme der Pilze vorhanden sind. Die Stärke ist jedoch nur ein vorübergehender Zelleninhalt, indem sie wieder aufgelöst wird

und nur das Material zu andern Bildungen zu liefern scheint. Die Stärkekörner sind farblos und durchsichtig und bestehen alle aus übereinandergelagerten Blättern von verschiedener Dicke, weswegen sie im polarisirten Licht prachtvolle Farbenerscheinungen zeigen. Der Schichtungsmittelpunkt liegt selten in der Mitte des Kernes, sondern meist excentrisch, d. h. dem einen Ende näher. Gestalt und Grösse dieser Körner ist äusserst verschieden, und oft ist es möglich, mit Hülfe des Mikroskops die Pflanze zu bestimmen, von welcher die Stärke stammt. Eine verhältnissmässig bedeutende Grösse und eine sehr charakteristische Form besitzen die Stärkekörner der Kartoffel, während die des Weizens sehr klein sind.

Im Zellsafte gelöst finden sich Gummiarten, Eiweiss, Zucker; in Form von Tröpfchen fette und flüchtige Oele. Pflanzensäuren, als Kleesäure, Citronensäure, Weinsäure, Aepfelsäure u. s. w. sind selten im Zellsafte gelöst, sondern meist mit anorganischen Stoffen zu Salzen verbunden, die sich häufig krystallinisch ausscheiden, und deren Gestalt man unter dem Mikroskope mitunter genau bestimmen kann.

2) Die Organe der Nahrungsaufnahme.

Als erste Voraussetzung bei der Aufnahme der Nahrungsmittel müssen wir annehmen, dass die Stoffe im Wasser gelöst sind, da wir bei der Betrachtung der einzelnen Theile der Pflanze, der Organe, gesehen haben, dass ohne Verletzung keine festen Stoffe in die Pflanze eindringen können. Schleiden sucht sogar zu beweisen, das Wasser würde nur in Dampfform aufgenommen; wir halten diese Ansicht, abgesehen von den Gründen, die sich gegen dieselbe anführen lassen, für sehr müssig, da es für den Ernährungsprozess höchst gleichgültig ist, ob die Stoffe luftförmig oder in tropfbar flüssiger Gestalt die Zellhaut durchdringen. Wichtig ist es nur, zu wissen, in welcher Gestalt sie dieselben durchdringen können; dass dies aber in flüssiger Form geschehen kann, dafür werden wir weiter unten Belege anführen.

Ohne Frage führen die Wurzeln den Pflanzen das Wasser zu; ob aber auch die Blätter im Stande sind, die Wasseraufnahme zu vermitteln, ist zur Zeit noch eine offene Frage, obgleich manche Thatsachen und Erfahrungen scheinbar dafür sprechen. Wenn man Blätter auf Wasser legt, so bleiben sie frisch, weil sie, so schliessen diejenigen, welche eine solche Funktion der Blätter beanspruchen, Wasser aufnehmen. Dagegen lässt sich dieses Frischbleiben auch einfach so erklären, dass das Wasser den Zutritt der Luft zu den Blättern verhindert; wenn aber die Luft abgehalten wird, so kann die in den Zellen befindliche Flüssigkeit nicht verdunsten. Viele Parasiten, besonders tropische Orchideen und Aroideen können durch die Wurzeln, mit denen sie an den Pflanzen, auf denen sie als Schmarotzer leben, haften, wenig Feuchtigkeit aufnehmen; dafür haben sie sogenannte Luftwurzeln, die offenbar nicht nöthig wären, wenn die Blätter das zur Ernährung nothwendige Wasser aufsaugen könnten. Auf der andern Seite behauptet man wieder, die sogenannten Fettpflanzen, zu denen unter andern der Hauslauch, die fette Henne, der Mauerpfeffer und die Kaktusarten gehören, müssten im Stande sein, durch ihre Oberfläche Wasser zu absorbiren, weil sie anders auf so dürrem Boden, wie ihn gerade diese Pflanzen lieben, nicht leben könnten, noch viel weniger so saftstrotzend seien, wie sie es in der That sind. Wenn man jedoch bedenkt, dass alle Fettpflanzen eine sehr dichte Kutikula und sehr wenig Spaltöffnungen haben, so ist der Schluss sehr einfach, sie kommen deswegen mit sehr wenig Wasser aus, weil wegen der dichten Oberhaut nur wenig Wasser verdunsten kann.

Bei den niedern Pflanzen dagegen, die sich noch nicht differenzirt haben, bei denen also jede Art der Wurzelbildung fehlt, wie bei vielen Algen, ist man berechtigt und gezwungen, zu einer Aufnahme durch die ganze Oberfläche seine Zuflucht zu nehmen. Ausser der Unmöglichkeit, die Ernährung dieser Gewächse anders zu erklären, spricht dafür die Zartheit der Zellwandung, die in allen Theilen dem Wasser den Durchtritt

gleich leicht gestattet. Derartige Pflanzen leben wie die niedern Thiere, denen auch jedes Organ fehlt, nur im Wasser oder in sehr feuchter Luft.

Wenn aber auch kein Wasser durch die Blätter aufgenommen wird, so ist es doch eine unbestreitbare Thatsache, dass Kohlensäure aufgesogen und Sauerstoff ausgehaucht wird, während alle übrigen Pflanzentheile Sauerstoff der Luft entziehen und Kohlensäure dafür zurückgeben. Schliesst man Pflanzen ohne Blätter, ohne grüne Theile in ein Quantum Luft, dessen Kohlensäuregehalt man kennt, ein, und setzt sie der Einwirkung des Lichtes aus, so vermindert sich nicht nur nicht der Gehalt an Kohlensäure, sondern er vermehrt sich vielmehr, während grüne Pflanzentheile und Blätter unter sonst gleichen Umständen in kurzer Zeit die vorhandene Kohlensäure zersetzen. Wenn man einen belaubten Zweig in ein Gefäss einkittet und im direkten Sonnenlicht einen Strom kohlensäurehaltiger, feuchter Luft langsam durch das Gefäss strömen lässt, die ausströmende Luft aber untersucht, so findet man die Kohlensäure bedeutend verringert. Man fand bei einem solchen Versuche, dass sie im Mittel nur noch ein Viertel derjenigen Kohlensäure enthielt, die anfangs darin war. Es ist nicht gut möglich, eine andere Erklärung dieser Erscheinung zu geben, als dass die Blätter die Kohlensäure aufgesogen haben. Was dagegen die Aufnahme von Sauerstoff betrifft, so scheint dies Nichts weiter zu sein, als eine Oxydation oder langsame Verbrennung der Oberfläche der Pflanzensubstanz, nicht ein wirkliches Eindringen in den Organismus der Pflanze.

Es ist ferner möglich, dass auch Ammoniak durch die Poren der Blätter in die Pflanzen dringt, aber durch keinen Versuch bis jetzt bewiesen. Man muss sich aber wohl hüten, bei Verfolgung der Erscheinungen in der Natur ohne Noth unbewiesene Dinge als Thatsachen hinzustellen, weil gar zu leicht verkehrte und für die Wissenschaft nachtheilige Schlüsse gezogen werden können.

Während eine grosse Zahl von Pflanzenphysiologen der Ansicht ist, dass nur die äussersten, jüngsten Enden der

Wurzeln, die sich fort und fort neu bilden, im Stande sind, Flüssigkeiten aufzunehmen, die ältern Theile aber wegen der Festigkeit der Oberhaut diese Thätigkeit nicht mehr ausüben könnten, wollen andere beobachtet haben, wie die ganze Wurzel und die darauf befindlichen Härchen die Feuchtigkeit aufsaugen, indem Pflanzen um so länger grün und frisch bleiben, je tiefer die Wurzeln in Wasser getaucht sind. Andere wiederum haben beobachtet, dass sich auf den Wurzeln unendlich viele feine Härchen befinden, in welche die Spiralgefässe enden sollen. Sie meinen, die Härchen seien es besonders, durch welche die Nahrungsflüssigkeit in die Pflanze dringe, und die Spiralgefässe leiteten den Saft durch die ganze Pflanze.

Die Würzelchen sind an ihren Enden mit Papillen bedeckt. Diese sind sehr feine, zartwandige Zellen, welche nach allen Beobachtungen, die mit der gehörigen Sorgfalt und ohne vorgefasste Meinungen angestellt sind, die Nahrungsflüssigkeit aufnehmen und an die benachbarten Zellen abgeben. Link, Unger, Schleiden und Schacht haben durch vielfache und entscheidende Versuche diese Beobachtung bestätigt. Nur muss man sich hüten, diese Papillen für Organe zu halten, die denen der Thiere ähnlich wären; denn bei den Thieren sind die Saugapparate stets röhrenförmige Gebilde, während diese Papillen in allen Fällen geschlossene Zellen ohne jede wahrnehmbare Oeffnung sind, wie sich sehr leicht dadurch beweisen lässt, dass gefärbte Flüssigkeiten durch dieselben nicht in die Pflanzen eindringen, wenn sie nur unverletzt sind. Dringen derartige Lösungen ein, so sind entweder die Papillen vor dem Versuche verletzt, oder die Flüssigkeiten wirken chemisch auf die Zellwandung ein, lösen sie auf und zerstören sie.

Sehr wichtig und für die Lehre der Pflanzenernährung entscheidend ist die Frage, ob die im Wasser gelösten Stoffe in demselben Mengenverhältniss, wie sie in der Lösung sich befinden, aufgenommen werden, oder ob der eine Stoff in

grösserer, der andere in geringerer Menge aufgesogen wird? Diese Frage hat ganz entgegengesetzte Beantwortungen erfahren. Auf dei einen Seite machte sich auf Grund der von Saussure angestellten Versuche die Ansicht geltend, die im Wasser enthaltenen Stoffe würden im Verhältniss ihrer grössern oder geringern Löslichkeit eingesogen, ohne Rücksicht auf das Bedürfniss für dieselben, während man auf der andern Seite den Würzelchen ein bestimmtes vitales Wahlvermögen zusprach, wodurch die Menge bestimmt würde. Wenn man auch die letztere Meinung nicht in der Form, wie sie aufgestellt ist, annehmen kann, da sie mit Lebenskraft und ähnlichen Schlagwörtern vertheidigt wird, so steht doch so viel fest, und viele Versuche haben es nachgewiesen, dass gesunde, unverletzte Pflanzen gewisse Stoffe gar nicht, andere nur in bestimmten Verhältnissen aufnehmen. Diese Erfahrung findet ihre Erklärung in der weiterhin zu betrachtenden Endosmose.

Aus Herth's Versuchen, die zur Erforschung der hier geltenden Gesetze mit *Veronica Anagallis* und mit *V. Beccabunga* angestellt wurden, ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

1) Die Pflanzen nehmen die im Wasser gelösten Stoffe in ganz anderm Verhältniss auf, als sie darin gelöst sind.

2) Sie nehmen von verschiedenen in gleichen Mengen im Wasser gelösten Stoffen in gleicher Zeit von dem einen mehr, von dem andern weniger auf.

3) Verschiedene Pflanzen nehmen verschiedene Stoffe auf.

Für die hier gegebenen Schlussfolgerungen sprechen ausser andern noch folgende Versuche, welche Schulz-Fleeth mittheilt:

Aus Mischungen von Salpeter und Kochsalz sogen *Mercurialis annua* und *Chenopodium viride* viel Salpeter und wenig Kochsalz auf; *Satureja hortensis* und *Solanum Lycopersicum* dagegen verhielten sich gerade entgegengesetzt, indem sie wenig Salpeter und viel Kochsalz absorbirten. *Vicia Faba* eignete sich aus einer Lösung von Kochsalz und Salmiak viel Kochsalz an, *Mercurialis annua* aber viel Salmiak.

Man würde jedoch vollständig neben das Ziel treffen, wenn man aus diesen Versuchen schliessen wollte, die Pflanzen wären fähig, die ihnen zusagenden Stoffe aufzusaugen, die schädlichen dagegen auszuschliessen. Man hat im Gegentheil gefunden, dass gerade sehr schädliche Stoffe leicht aufgenommen wurden, indem sie die Zellwände zerstörten. So wird Kupfervitriol aus den Lösungen mit grosser Heftigkeit aufgesogen, obgleich dieses Salz ein absolutes Gift für das Pflanzenleben ist. Untersucht man die Würzelchen einer Pflanze, die in einer Lösung von Kupfervitriol gestanden hat, so findet man die zarten Zellen der Papillen vollständig aufgelöst.

3) Die Organe der Säfteleitung im Innern der Pflanze.

Hier wie bei andern Fragen der Pflanzenernährung haben sich viele Physiologen nicht enthalten können, nach Analogie mit den Thieren zu suchen, und der eifrige Sucher findet denn auch, was er finden will. Diese Liebhaberei für Analogien hat zu den abenteuerlichsten Behauptungen geführt, die dem Wesen der Pflanze geradezu widersprechen.

Malpighi, der überhaupt zuerst die Lebenserscheinungen der Pflanze ins Auge fasste und mit glücklichem Takt in den meisten Punkten das Richtige traf, huldigte zuerst der Ansicht, der Saft steige im Bast und in der Rinde in der Pflanze auf. Als er aber einem Baume an einer Stelle die Rinde rings bis aufs Holz abgeschält hatte und nun wahrnahm, wie dennoch der Baum fortlebte, erschien es ihm doch wahrscheinlich, dass auch das Holz Saft führen könne.

Grew giebt an, im Frühjahr steige der Saft im Holzkörper auf; aber im Sommer geschehe dies in der neugebildeten Rindenschicht; daher ist, so schliesst er, im Frühjahr das Holz voll und strotzend von Säften, im Sommer dagegen trocken.

Das Richtige und Wahre, das in diesen auf Beobachtungen fussenden Angaben enthalten ist, wurde jedoch bald

vernachlässigt, und Phantasien traten an seine Stelle. Bald sollte nur die Rinde befähigt sein, den Nahrungssaft den obern Theilen der Pflanze zuzuführen, weil die Weide, wie Jeder wisse, wohl ohne Holzkörper, nicht aber ohne Rinde leben könnte; bald wurde behauptet, nur das Mark und das aus diesem gebildete Holz leite den Saft durch die ganze Pflanze. Man stellte Pflanzentheile in gefärbte Flüssigkeiten und fand den Farbstoff nur im Holzkörper; daraus schloss man, nur im Holzkörper könne der Saft aufsteigen. Obgleich derartige Versuche gar Nichts beweisen können, da man nicht mit unverletzten Pflanzen arbeitete, nur solche aber ein entscheidendes Urtheil gestatten, so hat sie doch in neuerer Zeit Hartig in Braunschweig wiederholt, und er glaubt, durch die erhaltenen Resultate sei es über allen Zweifel erhaben, dass der Saft nur im Holzkörper aufsteige. Anderseits hielt man wieder die Bastgefässe für die den Saft leitenden Kanäle, im Gegensatz zu einer Meinung, welche diese Funktion den Spiralgefässen zusprach. Nachdem aber durch die Untersuchungen Bischoffs festgestellt war, dass die Spiralgefässe im grössten Theil des Jahres mit Luft gefüllt sind und, wie Schleiden gezeigt hat, nur im Frühjahr Saft führen, stellte Dekandolle die merkwürdige Behauptung auf, die Interzellularräume hätten die Aufgabe, den Saft durch die Pflanzen zu leiten. Schultze in Berlin dagegen lässt es sich nicht nehmen, bei den Pflanzen ein eignes System von Lebenssaftgefässen, ähnlich dem Blutgefässsystem der Thiere, entdeckt zu haben; schade nur, dass ausser ihm Niemand diese Gefässe finden und ihr Vorhandensein bestätigen kann.

Wenn man die Endosmose, welche wir im folgenden Abschnitt besprechen wollen, als treibende Kraft betrachtet, durch welche die Säfte in den Pflanzen aufsteigen, so ist es ganz unthunlich, irgend welchen Gefässen, deren Wandungen immer schon mehr oder weniger verdickt oder verholzt sind, die Säfteleitung zuzuschreiben, da nur dünnwandige Zellen die Endesmose einleiten und unterhalten können. Es sind daher hauptsächlich die jungen Zellen an der Peripherie des Holzes, das

Kambium und Parenchym, welche den Saft in der Art aufwärts führen, dass jede Zelle von der ihr benachbarten den Saft aufnimmt und ihn der folgenden zuführt; je jünger die Zellen sind, desto dünnwandiger sind sie auch, desto lebhafter die Saftbewegung; Gefässe sind nicht die Ursache des Saftstromes, sondern sie sind eine Folge des lebhaften Aufsteigens, indem dadurch die Scheidewände zwischen je zwei Zellen verflüssigt wurden.

Durch den oft wiederholten Versuch des Ringelns der Bäume, indem man an irgend einer Stelle, besonders an Zweigen, rings die Rinde entfernt, wobei am obern Rande der Wunde, in Folge der Vernarbung, ein stärkerer Wulst entsteht, als am untern, ist man zu der Ansicht gekommen, der von unten zu den Blättern aufgestiegene rohe Nahrungssaft werde in den Blättern geläutert und verarbeitet und steige dann durch die Rinde wieder abwärts, um nun erst die Funktion der Ernährung auszuüben; denn, sagt man, wenn am geringelten Zweige keine Blätter sind, so findet auch keine Verdickung statt. Darnach wäre die Verdickung ähnlich den Erscheinungen, welche eine unterbundene Vene darbietet. Für die Richtigkeit der Annahme eines absteigenden Saftes scheinen ferner folgende Versuche zu sprechen:

Man bedeckte die Ränder der Wunde mit Erde und fand, dass sich nur am obern Rande Wurzeln bildeten. — Es wurden Kartoffelstauden geringelt; dadurch wurde die Knollenbildung an den Wurzeln verhindert, sie bildeten sich dagegen an den Gliedern oberhalb des Ringes.

Gegen die Annahme eines abwärts gerichteten Stromes sagt nun Schleiden: „Einjährige Pflanzen sterben von unten nach oben ab, mehrjährige gehen von unten nach oben in die chemische Unthätigkeit des Winters über; wäre ein absteigender Saftstrom vorhanden, so müsste auch das Absterben in umgekehrter Richtung stattfinden. — Wird der aufsteigende Strom durch Ringeln künstlich unterbrochen, so muss, da der Zufluss geringer ist, die Verdunstung sich aber gleich bleibt, der Saft in den obern Pflanzentheilen konzentrirter werden,

somit auch bildungsfähiger. Dies erklärt das schnellere Reifen von Früchten an geringelten Aesten.“ — Dagegen lässt sich die Wulstbildung durch den hydraulischen Druck im Innern der Pflanze deuten.

Viele meinen auch deswegen einen abwärts steigenden Säftestrom annehmen zu dürfen, weil ja die durch die Blätter aufgenommene Kohlensäure durch die ganze Pflanze vertheilt werden müsste.

Ein wirklich abwärtssteigender Säftestrom, der einen Kreislauf wie bei den Thieren bedingte, findet keineswegs statt und kann nicht stattfinden; die ganze Struktur der Pflanze widerspricht einer solchen Möglichkeit. Dagegen kann man einen Austausch der Säfte zwischen den Zellen nach allen Richtungen hin als sicher annehmen, wie dies durch die Erscheinungen, welche die Endesmose darbietet, bedingt ist; immerhin ist dieser Austausch nach andern Richtungen als nach Oben gering.

4) Ursachen der Aufnahme der Nahrungssäfte und ihrer Fortleitung durch die ganze Pflanze.

Sahen wir schon bei der Betrachtung des Weges, den die Nahrungssäfte durch die Pflanze nehmen, der Organe, durch die sie eintreten, sich schon so verschiedene Meinungen geltend machen, obgleich die Pflanzen für diese Untersuchung noch eine unmittelbare, wenn auch schwierige Beobachtung gestatten, so ist dies in noch weit höherm Grade der Fall, wenn wir nach den Kräften forschen, welche die Säfte in die Pflanze treiben und in derselben fortbewegen, weil die direkte Beobachtung fast unmöglich, eine Lösung daher nur von Schlüssen zu erwarten ist, die wir aus andern ähnlichen Erscheinungen ziehen. Durch die Entdeckung der Endosmose sind wir endlich, wenn auch noch fern vom Abschluss, so doch auf den richtigen Weg zur Beantwortung der Frage geleitet. Wie überall in der Wissenschaft, — und das eben ist das belebende Element, das Anziehende derselben, — hat die

gefundene Antwort gleich wieder Veranlassung zu einer Anzahl von Fragen gegeben, die ihrer Lösung noch harren. Wir halten es für sehr belehrend, einen möglichst vollständigen Abriss aller Erklärungen zu geben, die im Laufe der Zeit auf die Frage nach den Kräften, welche die Säfte aus dem Boden in die Pflanze heben, entstanden sind.

Stephan Hales sagt in seiner Statik der Gewächse: „Wir können keine andere Ursache der Säftebewegung in den Pflanzen auffinden, als die starke Anziehung der saftführenden Haarröhrchen, welche durch die lebhaften Bewegungen derselben veranlasst und durch die Sonnenwärme verstärkt wird, wodurch der Saft zu den höchsten Gipfeln der Bäume hinaufgeführt und daselbst von den Blättern ausgehaucht wird.“ Diese Erklärungsweise klingt recht einleuchtend, ist aber nichts destoweniger ganz nichtssagend, obgleich sie sich auf physikalische Erscheinungen stützt, die aber ganz falsch angewendet sind. Dennoch sind die Untersuchungen Hales „über das Athmen der Pflanzen“ ausserordentlich werthvoll; es ist nur zu bedauern, dass seit hundert Jahren es Niemand der Mühe werth gehalten hat, dieselben mit vervollkommneten Instrumenten zu wiederholen und zu vervollständigen.

Malpighi meint, die Ursache der Säftebewegung sei der Wechsel der Temperatur und die elastische Bewegung der Luft; richtig ist wenigstens, dass die Wärme einen bedeutenden Einfluss auf die Lebhaftigkeit des Saftstromes ausübt.

Wenn man enge Röhren, sogenannte Haarröhrchen oder Kapillarröhren in Flüssigkeiten taucht, welche die Wände des Röhrchens benetzen, so stellt sich die Flüssigkeit innerhalb der Röhren höher, als ausserhalb. Die Kapillarität der Pflanzengefässe, verbunden mit dem Druck des sich durch Aufnahme von Flüssigkeit ausdehnenden Parenchyms soll nach Grew die Kraft sein, welche die Nahrung in der Pflanze in die Höhe treibt. Abgesehen davon, dass nicht netzende Flüssigkeiten in den Haarröhrchen tiefer stehen, als ausserhalb, ist zu bedenken, wie bei jenen Kapillarerscheinungen nie ein Ueberfliessen stattfinden kann, was durch einen einfachen Ver-

such zu beweisen ist. Bei den Pflanzen aber findet ein Ueberfliessen des Saftes gar häufig statt; wir erinnern hier nur an das sogenannte Thränen oder Bluten der Weinstöcke.

Andere glauben die Ursache des Saftsteigens in der Eigenthümlichkeit poröser Substanzen, Flüssigkeiten aufzusaugen, gefunden zu haben, und noch Andere, welche den Einwurf beseitigen wollen, dass hier ebenfalls kein Ueberfliessen stattfinden kann, suchen sie in einem gewissen Lebensprinzip, in einer Zusammenziehbarkeit und Ausdehnbarkeit der Gefässe, die aber in diesem Sinne, wie wir eben nachgewiesen haben, gar nicht vorhanden sind, weil der Saft sich von Zelle zu Zelle bewegt. Scheinbar spricht für diese Erklärung der Umstand, dass die Spiralgefässe sich zusammenziehen, wenn man sie mit Alkohol übergiesst. Alexander von Humboldt ging in dieser Erklärungsweise noch einen Schritt weiter, indem der Vorgang mit der Saftzirkulation im thierischen Organismus ganz übereinstimmend vorausgesetzt wurde. Er nimmt daher eine Art von Muskelfaser an, durch deren Zusammenziehung und Ausdehnung die Gefässe sich abwechselnd erweitern und verengen; ja sogar Nerven hält er nicht für unwahrscheinlich, obgleich es eine Jedermann bekannte Erfahrung ist, dass die Pflanzengewebe sehr starr und hart sind, und hierin gerade ihr Unterschied vom thierischen begründet ist.

Diese Betrachtungen führten Dekandolle zur Aufstellung folgender Sätze:

1) Durch die Wurzelschwämmchen tritt der Nahrungssaft in die Pflanzen ein und wird durch den von hinten immer nachdringenden Saft fort und fort in die Höhe getrieben.

2) Die Blätter saugen den Saft an und hauchen den überflüssigen aus.

3) Die zellige Hülle, welche die Zweige umgiebt, zieht durch die Kraft ihrer lebenden Zellen den Saft an sich.

Mir ist es nicht möglich, in diesen Sätzen irgend eine Erklärung zu finden, sie sind mir sogar unverständlich; ähnliche dunkle Ansichten stellen andere Physiologen auf.

Ein englischer Physiker, Davy, meint, mittels der Kapillarwirksamkeit würde der Saft aus dem Boden aufgenommen; da aber diese allein nicht zur Erklärung aller Erscheinungen ausreicht, so fügt er hinzu: „Die Versuche von Montgolfier haben gezeigt, dass man durch einen geringen Druck Wassermengen zu einer beliebigen Höhe heben kann, wenn man nur den Druck der Flüssigkeitskeitssäule durch fortgesetzte Theilungen vermindert. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass Aehnliches in den Pflanzen stattfindet.“

Die Frage, woher dieser, wenn auch geringe, Druck komme, bleibt von Davy unerledigt; dennoch setzt ein Druck, wenn er auch noch so gering ist, immerhin eine Kraft voraus.

Die von uns betrachteten Erklärungsweisen — und es giebt noch eine unendliche Zahl ähnlicher Muthmassungen — blieben so lange gleichberechtigt, da keine vor der andern Etwas voraus hatte, bis es gelungen war, auf dem Wege des Versuches ähnliche Erscheinungen hervorzurufen, wie das Steigen der Säfte in den Pflanzen. Dutrochet gelang es im Jahre 1826 einen solchen Vorgang zu entdecken.

Wenn man eine an beiden Seiten offene Röhre an dem einen Ende mit einer thierischen oder pflanzlichen Haut zubindet, so kann man Wasser in dieselbe bringen, ohne dass die Haut von demselben durchdrungen würde, wenigstens nicht unter dem gewöhnlichen Druck; sie wird nur angefeuchtet. Jede Hausfrau macht von dieser Eigenschaft thierischer Häute Gebrauch, indem sie Flüssigkeiten mit Rinder- oder Schweinsblasen zubindet, um das Ausfliessen derselben und den Zutritt der Luft zu verhindern.

Ganz anders gestalten sich die Erscheinungen, wenn man in das an einem Ende mit Haut zugebundene Gefäss eine Lösung von Kochsalz bringt und es alsdann mit dem untern Ende in ein Gefäss mit reinem Wasser taucht. Man beobachtet alsdann, wie sich die Flüssigkeit im obern Gefässe vermehrt; hat aber der Versuch lange genug gedauert, so enthält das anfangs reine Wasser des untern Gefässes eine nach-

weisbare Menge Kochsalz. Will man das Steigen der Flüssigkeit im obern Gefässe recht anschaulich machen, so stellt man den Versuch etwa so an: Man sprengt von einem Arzneiglase den Boden ab und bindet an seine Stelle ein Stück einer recht dünnen Schweinsblase; in das Glas bringt man statt des Kochsalzes eine mit warmem Wasser bereitete gesättigte Zuckerlösung; in die obere Oeffnung kittet man luft- und wasserdicht eine engere, am obern Theile etwas umgebogene, an beiden Enden offne Glasröhre ein. Den so vorgerichteten Apparat hängt man in einem Gefäss mit reinem Wasser auf. Nach einiger Zeit steigt die Flüssigkeit in der Glasröhre und fliesst schliesslich an dem gebogenen Ende aus und zwar so lange, bis sich im untern Gefässe verhältnissmässig eben so viel Zucker befindet als im obern.

Das Steigen der dünnern Flüssigkeit durch die Haut hindurch zur dichtern, die dadurch allmälig verdünnt wird, nennt man Endosmose, die Bewegungen im entgegengesetzten Sinne Exosmose; beide Vorgänge bezeichnet man wohl mit dem Worte Diffusion, womit zugleich eine Erklärung der Erscheinung angedeutet ist.

Aber nicht blos Scheidewände aus organischen Stoffen haben die Fähigkeit, den Uebergang verschiedenartiger Flüssigkeiten zu vermitteln, sondern auch anorganische Körper, wie verglühte Thonplatten, rufen eine ähnliche Erscheinung hervor.

Es ist natürlich, dass diese überraschende Wahrnehmung darauf führen musste, bei den Pflanzen ein ähnliches Verhältniss zu vermuthen. In der That ist kein endosmotischer Apparat so vollkommen herzustellen, wie die Pflanzen uns ihn bieten. Zelle steht über Zelle; in jeder obern ist der Inhalt dichter als in den untern; wie Versuche gezeigt haben, wirken die Substanzen, welche sich in den Zellen befinden, viel kräftiger endosmotisch, als irgend ein anderer Stoff. Während des Winters haben die Pflanzen wenig oder gar keine Flüssigkeit aufgenommen, daher wird der Zelleninhalt sehr konzentrirt; eine Folge davon ist der so heftige Saftstrom beim Wiedererwachen

des Pflanzenlebens. Ist durch den kräftigen Strom der Inhalt aller Zellen verdünnt, so mässigt sich natürlicher Weise das Aufsaugen der Flüssigkeiten. Während daher eine Birke im Frühjahre angebohrt, reichlich Saft giebt, geschieht dies später nicht mehr. Allmälig werden aus dem aufgenommenen Safte neue Stoffe gebildet, neue Zellen entstehen, die Säfte werden wieder reicher an gelösten Stoffen, indem die höhere Sonnenwärme die Verdunstung durch die Blätter steigert; es tritt daher im August zum zweitenmal eine kräftigere endosmotische Wirkung und ein lebhafterer Saftstrom ein, der das Material zur Bildung der Knospen für das folgende Jahr liefert.

Anfangs suchte man die Diffusionserscheinungen mit Hülfe der Elektricität und des Galvanismus zu erklären; auch griff man wieder zur Lebenskraft, obgleich die Vorgänge bei den anorganischen Körpern entgegenstanden, indem bei den Lebenskrafttheoretikern die anorganischen Körper ganz andern Gesetzen unterworfen sein sollen, als die organischen, wogegen es für uns nur ein Naturgesetz für Thier, Pflanze und Mineral giebt, und jeder Naturkörper diesem Gesetz ewig folgen muss.

Ganz unverständlich ist es, wenn man bei der Pflanze von entgegengesetzten Polaritäten und ähnlichen Dingen spricht, welche die Endosmose bewirken sollen. So wesenlose Begriffe bedeuten gar nichts; wir können uns keine Kräfte ohne Objekte ihrer Thätigkeit, ohne Materie, und umgekehrt keine Materie ohne Kräfte denken; da demnach die Kräfte nicht ausserhalb, sondern innerhalb der Materie zu suchen sind, so wenden wir dieser unsere ganze Aufmerksamkeit, unser Studium zu. Die Scheidewand zieht die Flüssigkeiten an und ihre Poren füllen sich damit; sind die Flüssigkeiten auf beiden Seiten derselben gleich, so werden keine endosmotischen Wirkungen eintreten, ebensowenig als man eine Mischung erhält, wenn auf das Wasser in einem Gefässe ganz behutsam Wasser von ganz gleichen Eigenschaften geschüttet wird. Sind aber

die Flüssigkeiten verschieden und mit einander mischbar, so wird die chemische Anziehungskraft thätig, sobald sie in Berührung kommen; ist sie gross genug, so wird sie durch die Scheidewand hindurch wirken und zwar so, dass die leichtere dünnere Flüssigkeit schneller hindurchgeht, als die dichtere und schwerere; daher kommt es, dass bei unserm obigen Versuche die Flüssigkeit im obern Gefässe so lange steigt, bis beide Flüssigkeiten gleiche Eigenschaften haben. Schüttet man in das obere Gefäss Alkohol, in das untere Wasser, so vermindert sich im obern Gefässe die Menge, weil der Alkohol weniger dicht als Wasser ist und daher leichter die Scheidewand durchdringt.

Dass die chemische Anziehung die Diffusion der Säfte in der Pflanze bewirkt, dass keine besondere Lebenskraft zur Erklärung nöthig, sogar unbrauchbar ist, geht besonders aus solchen Versuchen hervor, bei denen man Pflanzentheile oder ganze Pflanzen in für das Leben derselben giftige Flüssigkeiten tauchte. Der endosmotische Process ging mit essigsaurem Eisenoxyd oder mit Kupfervitriol sogar viel lebhafter von statten, als es bei unschädlichen Flüssigkeiten der Fall war. Es wäre doch wahrhaft lächerlich, behaupten zu wollen, die Lebenskraft wäre derart, dass sie die Aufnahme giftiger Stoffe ganz besonders begünstige; sie wäre sogar mehr als lächerlich.

Recht schön und deutlich kann man die endosmotischen Erscheinungen wahrnehmen, wenn man ausgetrocknete Zellen in reines Wasser legt; durch die Aufnahme des Wassers dehnen sie sich aus und zerplatzen sogar häufig, weil die Verdunstung durch das von allen Seiten die Zelle umgebende Wasser verhindert ist. Legt man dagegen saftstrotzende Zellen in eine in der Wärme gesättigte Zuckerlösung, so geben sie einen Theil ihres Wassers ab und fallen in Folge dessen zusammen.

Es ist daher nicht mehr fraglich, dass die Aufnahme der Säfte durch die Pflanzen von der Dichtigkeit, von den chemi-

schen und physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeit in den Zellen abhängt; dass ferner die Aufnahme um so lebhafter ist, je grösser die chemische Verwandtschaft des Zellsaftes zu den Stoffen ist, die sich ausserhalb der Pflanze im Wasser gelöst befinden, je dünnere und zartere Zellwandungen den Durchgang vermitteln. Daher kommt es denn auch, dass die jüngsten Zellen am saftreichsten sind, weil bei ihnen der Durchtritt der Flüssigkeit am leichtesten ist. Durch diese leichte Aufnahme und Abgabe der Nahrungsstoffe an benachbarte Zellen erklärt es sich, warum die Neubildung der Organe immer im jüngsten Zellgewebe stattfindet. Die grössere oder geringere chemische Verwandtschaft des Zellinhaltes zu den verschiedenen Stoffen bedingt denn auch das scheinbare Wahlvermögen, das man den Wurzeln zugeschrieben hat.

Leider sind bis jetzt wenig Versuche angestellt, um nachzuweisen, in welchem numerischen Verhältnisse die endosmotischen Erscheinungen zur Dichtigkeit der Flüssigkeit stehen, und wie sich die Lösungen verschiedener Stoffe verhalten; doch geht schon aus den Untersuchungen Dutrochet's hervor, dass die Aufnahme um so grösser ist, je grösser der Dichtigkeitsunterschied beider Flüssigkeit sich darstellt.

Von allen bisher untersuchten Substanzen hat Eiweiss die stärksten endosmotischen Wirkungen; Eiweiss saugt in derselben Zeit zwölf Theile Wasser auf, in der Zucker elf, Gummi fünf und ein halb, Gelatine nur drei Theile hebt. Da sich aber in allen jugendlichen Zellen eiweissartige Stoffe am reichlichsten finden, so ist dies noch ein anderer Grund, warum in ihnen der lebhafteste Saftstrom und Stoffwechsel stattfindet. Uebrigens wäre es sehr wünschenswerth, wenn diese nicht mit grossen Schwierigkeiten anzustellenden Versuche recht vervielfältigt würden, da sie uns manchen Aufschluss über viele noch unerklärte Erscheinungen liefern, zur Lösung mancher Streitfragen das geeignete Material geben könnten.

Von einer gewissen Seite macht man gegen die Lehre, dass der Saft in den Pflanzen in Folge der Endosmose steige, also durch einen Vorgang, wie er auch in der anorganischen Natur vorkommt, den Einwurf, dass ja auch in abgestorbenen Pflanzen ähnliche endosmotische Wirkungen eintreten müssten, wenn man sie nur in entsprechende Flüssigkeiten tauchte. Dieser Einwurf ist nach zwei Seiten hin ein ungerechtfertigter; denn in der That steigen in jüngst abgestorbenen Pflanzen Flüssigkeiten noch reichlich auf, was denjenigen, die den Einwand erhoben, nicht bekannt gewesen zu sein scheint; zweitens aber, und dieser Punkt ist bei weitem der wichtigere, ist nicht abzusehen, warum die Zellenwand abgestorbener Pflanzen noch genau dieselben physikalischen und chemischen Eigenschaften haben soll, die sie in der lebendigen Pflanze hatte. Es müsste uns im Gegentheil Wunder nehmen, wenn die Eigenschaften der verschiedenen Pflanzentheile noch dieselben wären.

Oder was ist der normale Tod anders, als eine Veränderung der Eigenschaften der einzelnen Theile der Organismen, sei es thierischer oder pflanzlicher?

Selbst die Mineralien zeigen uns ganz ähnliche Erscheinungen, indem derselbe Stoff in verschiedenen Formen auftritt und unter verschiedenen Verhältnissen ganz entgegengesetzte Eigenschaften haben kann. So ist der Phosphor in seinem gewöhnlichen Zustande fast farblos, ausserordentlich leicht entzündlich und in Schwefelkohlenstoff löslich. Schliesst man ihn luftdicht in eine Glasröhre ein und setzt ihn längere Zeit der direkten Einwirkung des Sonnenlichtes aus oder erhält ihn anhaltend bei einer Temperatur von 250—260 Grad der hunderttheiligen Skala, so nimmt er eine rothe Farbe an, entzündet sich weit schwieriger und ist unlöslich in Schwefelkohlenstoff. Erhitzt man diesen sogenannten amorphen Phosphor, welcher die Zündmasse auf den Streichpappen der als phosphorfreie Streichhölzer bezeichneten Zündhölzchen bildet, so verwandelt er sich wieder in den gewöhnlichen Phosphor.

Krystallisirte Kieselsäure, der Quarz, Amethyst und Bergkrystall, ist im Wasser unlöslich, amorphe Kieselsäure, wie der Opal, ist dagegen im Wasser löslich. Eisen kann man in seinen Verbindungen ausserordentlich leicht und sicher durch Ammoniak entdecken; im Blutlaugensalz ist dies nicht möglich.

Eisen, Kieselsäure, Phosphor haben also unter verschiedenen Verhältnissen ganz verschiedene, sich widersprechende Eigenschaften; warum sollte nicht bei der Zellenhaut ein Gleiches stattfinden können?

Derartige Einwürfe können nur von Solchen gemacht werden, welche ihre Behauptungen und Ansichten, seien sie auch tausendfach widerlegt, nicht zurücknehmen wollen, und die sich dann an ein Strohhälmchen klammern. In den Naturwissenschaften ist man aber oft genöthigt, heute als falsch anzuerkennen, was gestern noch unbestrittene Wahrheit war.

Nach Allem, was wir bis jetzt wissen, unterliegt es keinem Zweifel, dass die Diffusionserscheinungen und das Aufsteigen der Nahrungsstoffe in den Pflanzen auf denselben Ursachen beruhen, auf der Anziehung chemisch verschiedener Stoffe zu einander. Damit soll jedoch keineswegs gesagt sein, dass nicht andere Kräfte eine wichtige Rolle dabei spielen können, wenn schon die Zahl der Kräfte sich in der Neuzeit bedeutend verringert hat.

Vor allen Dingen sind es Licht und Wärme, welche vom bedeutendsten Einfluss auf die Lebhaftigkeit des Saftstromes in den Pflanzen sind.

Indem Licht und Wärme eine lebhaftere Ausathmung bewirken, indem Licht und Wärme die chemischen Umsetzungen im Innern der Zelle beschleunigen und dadurch den Stoffwechsel befördern — in einigen Fällen möglicherweise auch verzögern — wird mehr Wasser verdunstet und werden mehr Stoffe gebildet, die endosmotisch wirken können. Im Herbst nehmen in unsern Breiten Licht und Wärme ab, daher der geringere Saftstrom; im Winter, wo beide Kräfte das Minimum

ihrer Wirksamkeit äussern, ist der Strom ganz oder doch fast ganz verschwunden.

Auch die Elektrizität scheint nicht ohne Einfluss auf die Ernährung zu sein; doch müssen wir unsere völlige Unwissenheit in diesem Punkte gestehen; wir müssen es der Zukunft überlassen, die hier einschlagenden Fragen zu erledigen. Einen Du-Bois-Raymond für die Pflanzen giebt es zur Zeit noch nicht.

Drittes Kapitel.

Von der Verarbeitung der Nahrungsstoffe.

Nachdem wir die Stoffe, welche den Pflanzen zur Ernährung dienen, sowie die Wege, auf denen sie in die Pflanzen gelangen und in ihnen weiter fortgeführt werden, kennen gelernt, ist es unsre Aufgabe, zu erforschen, wie diese Nahrungsmittel in der Pflanze verarbeitet und in Pflanzenbestandtheile umgeändert werden.

Wir sind damit bei einer Frage angelangt, deren Beantwortung noch schwieriger ist, als dies bei den frühern der Fall war. Die betreffenden Vorgänge entziehen sich ganz unserer unmittelbaren Beobachtung, und die Versuche, die bis jetzt ausserhalb der Pflanze angestellt, sind entweder ganz unbrauchbar oder sie bieten nur eine entfernte Aehnlichkeit mit den Vorgängen, die in den Zellen der Pflanzen eintreten.

Eine genügende Antwort ist schon um deswillen nicht möglich, weil bisher alle Untersuchungen, die mit Pflanzenstoffen angestellt sind, sich immer auf schon veränderte, theilweise zersetzte, oder durch die angewendeten chemischen Hülfsmittel erzeugte Stoffe erstrecken. Ganz neue Methoden

müssen erst noch aufgefunden werden, die es uns gestatten, die Stoffe, die in den Pflanzen vorkommen, in ihrer Reinheit zu prüfen, ihre gegenseitige Einwirkung auf einander zu erforschen, um der Lösung der Aufgabe näher treten zu können.

Bevor wir zu den Ansichten übergehen, die man bis jetzt über die Verarbeitung oder Assimilation der Nahrungsmittel aufgestellt hat, ist es nöthig, die wichtigsten der uns bis jetzt bekannten Pflanzenstoffe kennen zu lernen und ihre chemischen Bestandtheile anzugeben.

Zum nähern Verständniss diene Folgendes: Man hat gefunden, dass die einfachen Stoffe sich nur in ganz bestimmten Zahlenverhältnissen zu neuen Körpern miteinander vereinigen können. So verbinden sich acht Gewichtstheile Sauerstoff stets und unter allen Umständen mit einem Gewichtstheil Wasserstoff zu Wasser, oder dreimal acht Gewichtstheile Sauerstoff mit sechszehn Gewichtstheilen Schwefel zu Schwefelsäure. Die Verhältnisszahlen, welche jene Gewichtstheile ausdrücken, nennt man die Atomgewichte der Körper.

Man ist übereingekommen, entweder den Wasserstoff gleich eins zusetzen oder den Sauerstoff gleich hundert. Wir wollen hier nur die Atomgewichte der für unsern Zweck wichtigen organischen Elemente anführen, indem wir darauf aufmerksam machen, dass die Bezeichnung organische Elemente eigentlich unrichtig ist, da sie auch in der unorganischen Natur vorkommen.

Wasserstoff = H = 1	Phosphor = P = 32
Kohlenstoff = C = 6	Schwefel = S = 16
Sauerstoff = O = 8	Kalium = K = 39,3
Stickstoff = N = 14	Natrium = Na = 22,8.

Oder aber

Sauerstoff = O = 100	Phosphor = P = 400
Wasserstoff = H = 12,5	Schwefel = S = 200
Kohlenstoff = C = 75	Kalium = K = 489
Stickstoff = N = 175	Natrium = Na = 289,7.

Wenn man demnach sagt, der Alkohol sei gleich $C^4H^6O^2$, oder die Essigsäure sei gleich $C^4H^4O^4$, so heisst dies, der Alkohol besteht aus viermal sechs Gewichtstheilen Kohlenstoff, sechs Gewichtstheilen Wasserstoff und zweimal acht Gewichtstheilen Sauerstoff; die Essigsäure unterscheidet sich dadurch vom Alkohol, dass sie zwei Gewichtstheile Wasserstoff weniger, aber zweimal acht Gewichtstheile Sauerstoff mehr enthält; es bildet sich Essigsäure aus Alkohol dadurch, dass zwei Atome Wasserstoff aus der Verbindung austreten, dafür aber zwei Atome Sauerstoff aufgenommen werden. Entsprechend dieser Verbindung ist das Wasser gleich HO, die Kohlensäure gleich CO^2, das Ammoniak NH^3.

Man pflegt die Pflanzenstoffe in stickstofffreie und in stickstoffhaltige einzutheilen.

1) Stickstofffreie Verbindungen.

Die stickstofffreien Verbindungen sind die bei weitem zahlreichsten uud ihre Menge bedeutend überwiegend, da sie allein es sind, welche das sogenannte Gerippe der Pflanze bilden.

Die stickstofffreien Verbindungen treten entweder als indifferente Stoffe, die keinerlei chemische Verwandtschaft zeigen, oder als Fette, oder als organische Säuren auf; einige haben alle Eigenschaften der Basen, d. h. solcher Körper, die mit Säuren Salze bilden, ähnlich wie Natron und Schwefelsäure das Glaubersalz geben, wenn man sie in den entsprechenden Mengenverhältnissen zusammenbringt.

a) Indifferente Kohlenhydrate.

Diese Körper sind nicht flüchtig, sondern zersetzen sich beim Erhitzen. Wasserstoff und Sauerstoff enthalten sie in demselben Verhältniss, wie sie im Wasser miteinander verbunden sind. Sie haben weder chemische Verwandtschaft zu Säuren, noch zu Basen, bei Gegenwart stickstoffhaltiger Körper

gehen sie leicht ineinander über. Beim Verbrennen hinterlassen sie alle Kohle, und wenn man sie mit Salpetersäure anhaltend behandelt, geben sie alle Kleesäure, die auch mit Alkalien verbunden in den Pflanzen selbst vorkommt. Bei ihrer Verwesung bilden sie die sogenannten Humuskörper, die sich in der Ackerkrume finden; bei der Gährung erzeugen sie verschiedene Arten von Alkoholen; wahrscheinlich entstehen aus ihnen die pflanzlichen und thierischen Fette. Einige derselben sind löslich in Wasser.

Keiner dieser Körper ist bis jetzt künstlich erzeugt worden, und es ist fast gewiss, dass sie nur in den Pflanzen entstehen, während den Thieren dagegen das Vermögen zukommt, den einen in den andern überzuführen.

Sie bilden den Hauptbestandtheil nicht nur aller unsrer Nahrungsmittel, sondern auch derjenigen der Thiere. Sie sind es, die zur Fettbildung im thierischen Körper dienen, welche das Material zum Athmungsprozess liefern, und welche durch ihre Verbrennung die thierische Wärme erzeugen. Was die Fettbildung anbetrifft, so ist es sogar gelungen, aus Zucker Buttersäure, einen Bestandtheil des Butterfettes, auf künstlichem Wege darzustellen.

Zellulose. Sie ist das Material für alle Zellenbildung, indem die Wände junger Zellen nur aus ihr bestehen; sie ist gleich $C^{12}H^{10}O^{10}$. Durch Einwirkung der Diastase, einer Substanz, die in der keimenden Gerste vorkommt, wird sie in Dextrin, dann in Traubenzucker verwandelt; dieselbe Veränderung bewirken Schwefelsäure oder Phosphorsäure. Mit starker Salpetersäure behandelt, tritt ein Theil des Wasserstoffs aus und Untersalpetersäure tritt an ihre Stelle; das Produkt ihrer Einwirkung ist die Schiessbaumwolle, die in Schwefeläther gelöst das Kollodium giebt.

Sie ist unauflöslich in Wasser, wird aber leicht vom Wasser durchtränkt, kommt immer als Haut vor, ist farblos und durchscheinend; mit Jod und Schwefelsäure behandelt, nimmt sie stets eine blaue Färbung an.

Durch ihre Veränderung innerhalb der Pflanze bilden sich Pflanzenleim, Kork und Gerbstoff u. s. w. Im ältern Zustande, wenn sie von allerhand Stoffen überlagert und durchdrungen ist, bildet sie das Holz; jene Stoffe, die sie durchdringen, scheinen mit ihr ganz gleiche Zusammensetzung zu haben, sind vielleicht nur in seinen physikalischen Eigenschaften veränderter Zellstoff.

S t ä r k e m e h l. Es ist nächst der Zellulose der verbreitetste Stoff im Pflanzenreich und wird fast mit jeder Nahrung genossen. Am reichlichsten findet es sich in den Samen der Getreidearten und Hülsenfrüchte, in den Kartoffeln, in den Manihokwurzeln, im Marke der Palmen, in den Beeren des Brodfruchtbaumes, in den Bataten. Der bedeutende Gehalt an Stärkemehl ist es, weswegen jene Pflanzen am häufigsten angebaut werden und als Nahrungspflanzen dienen.

Es findet sich an Stärkemehl

im Weizenmehl	65—68	Prozent
im Roggenmehl	55—62	„
im Rispenhafer	bis 38	„
in der Gerste	„ 39	„
im Buchweizen	„ 44	„
im Mais	„ 66	„
im Reis	„ 86	„
in den Bohnen	„ 38	„
in den Erbsen	„ 39	„
in den Kartoffeln	„ 25	„

Die chemische Zusammensetzung der Stärke ist der des Zellstoffs gleich, also $C^{12}H^{10}O^{10}$. Sie findet sich meist organisirt im Zelleninhalte und wird durch Diastase sowohl als durch Säuren in Dextrin und Traubenzucker umgesetzt. Nach M i t s c h e r l i c h soll durch Schwefelsäure aus Zellstoff Stärke erzeugt werden können. Es giebt mehrere Stärkearten, die man lange Zeit als ganz verschiedene Stoffe betrachtete.

Das g e w ö h n l i c h e S t ä r k e m e h l oder A m y l o n kommt in Körnern, die aus einzelnen Schichten bestehen, in den Zellen der Pflanzen vor. Man kann diese Schichtung sehr

gut beobachten, wenn man Kartoffelstärke auf 50° erwärmt unter dem Mikroskop betrachtet. Die Grösse und Gestalt der Körnchen ist sehr verschieden; die meisten sind kugelähnlich, bei der Kartoffel sehr gross, bei der Hirse ausserordentlich klein. Fig. 9 stellt die Kartoffelstärke dar, Fig. 10 Stärkemehlkörner aus der Zwiebel einer Lilie, Fig. 11 ostindisches Arrowroot.

In der Wurzel der Sassaparilla und in einigen andern Pflanzen soll die Stärke formlos sein.

Sie ist in Wasser durchaus unlöslich und bildet mit heissem Wasser einen Kleister, indem sie darin aufquillt; durch Säuren und Alkalien wird sie erst verändert und dann gelöst. Mit Jod wird sie schön blau, mit Brom gelb gefärbt. In Berührung mit thierischen Häuten verwandelt sie sich in Zucker und Milchsäure. Bis auf 100° erhitzt giebt sie Gummi. Die stärkemehlhaltigen Pflanzentheile werden theils so, wie sie in der Natur vorkommen, verzehrt, theils gemahlen und zu Brod verbacken.

Die Stärke wird durch Diastase in Zucker verwandelt; besonders in früherer Zeit wurde aus Stärke mittelst Schwefelsäure Zucker im Grossen fabrizirt. Versetzt man die zuckerhaltige Flüssigkeit in Gährung und unterbricht dieselbe, bevor noch aller Zucker in Alkohol verwandelt ist, so hat man das Bier; lässt man die Gährung bis zu Ende gehen, d. h. verwandelt man allen Zucker in Alkohol, so erhält man den Weingeist.

Das I n u l i n oder H e l e n i n ist ein gelblich-weisses, geruchloses Pulver, das sich in kochendem Wasser löst, ohne aber Kleister zu bilden. Durch Kochen und durch Säuren wird es leicht in Traubenzucker verwandelt, doch soll Diastase diese Wirkung nicht haben; mit Jod wird es gelb oder gar nicht gefärbt. Es kann als eine Uebergangsstufe von Amylon oder von Zellulose zu Zucker betrachtet werden. Es findet sich in vielen Pflanzen, besonders in den Wurzeln der Korbblüthler und ist in der Alantwurzel, *Inula Helenium,*

zuerst entdeckt; der Tapinambur verdankt ihm seine nährende Kraft.

Die Moosstärke oder das Lichenin findet sich im Gewebe vieler Zellenpflanzen, z. B. im isländischen Moos und im Karraghen. Sie ist im kalten Wasser wenig löslich, bildet aber mit kochendem Wasser eine Gallerte; durch Alkohol wird sie aus der Lösung ausgeschieden. Mit Jod färbt sie sich gelb; ist Amylon dabei, so färbt sie sich grün. Sie scheint wie das Inulin eine Uebergangsstufe von Zellulose oder von Amylon zu Traubenzucker zu sein.

Gummiarten. Die Gummiarten geben mit Wasser schleimige Flüssigkeiten, die wirkliche Lösungen sind. Sie sind geschmack- und geruchlos, in Alkohol und Aether unlöslich und werden durch Jod nicht gefärbt. Im reinen Zustande sind sie farblos und geben, mit Säure gekocht, Traubenzucker.

Das Dextrin oder den Stärkegummi findet man im Safte aller lebenden Pflanzenzellen und es scheint einerseits das Material zur Stärkebildung und zur Zellstoffbildung, anderseits zur Entstehung der Zuckerarten zu liefern, wie sich umgekehrt Zellstoff und Amylon in Dextrin verwandeln können. Wenigstens geschieht dies durch Einwirkung der Diastase oder verdünnter Säuren. Seine Lösung lenkt den polarisirten Lichtstrahl nach rechts ab. Aus einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd und Kali schlägt es rothes Kupferoxydul nieder. Mit Salpetersäure behandelt, erhält man daraus Kleesäure. Die chemische Formel ist $C^{12}H^{10}O^{10}$, also wie die der Stärke und des Zellstoffs.

Das Gummi oder Arabin unterscheidet sich vom Dextrin dadurch, dass es mit Salpetersäure behandelt Schleimsäure giebt, aus Kupfervitriollösung nicht Kupferoxydul niederschlägt und den polarisirten Lichtstrahl nicht ablenkt. Seine chemische Zusammensetzung entspricht der Formel $C^{12}H^{11}O^{11}$. Es ist nur wenig verbreitet und kommt besonders von Mimosenarten in den Handel.

Zuckerarten. Die Zuckerarten sind in den Pflanzensäften sehr verbreitet. Sie schmecken alle süss, sind im Wasser löslich und geben, mit Hefe in Gährung versetzt, Alkohol. Erhitzt man Flüssigkeiten, in denen sich Zucker befindet, mit konzentrirter Kalilauge, so färben sie sich bei Gegenwart von Traubenzucker und Milchzucker gelbbraun; Rohrzucker muss vorher mit Säuren behandelt sein. Setzt man zu einer zuckerhaltigen Flüssigkeit Kupfervitriol und Kalilauge, so scheidet sich beim Kochen rothbraunes Kupferoxydul aus.

Der Rohrzucker ist die Substanz, die wir im gewöhnlichen Leben Zucker nennen. Seine chemische Formel ist nach einigen Forschern $C^{12}H^{11}O^{11}$, nach andern $C^{12}H^{12}O^{12}$; in Verbindung mit Basen oder längere Zeit auf 100° erhitzt, ist sie gleich der der Stärke, nämlich $C^{12}H^{10}O^{10}$. Unter günstigen Bedingungen erhält man ihn in grossen Krystallen, — der Kandis oder Kandelzucker —; er löst sich in einem Dritttheil seines Gewichtes Wasser; im Dunkeln gerieben leuchtet er; den polarisirten Lichtstrahl lenkt er nach rechts ab, und diese Eigenschaft wird jetzt in allen Zuckerfabriken angewendet, um den Zuckergehalt einer Lösung oder des Rohrzuckers zu bestimmen. Durch Kochen mit Wasser, mit Alkalien oder Säuren verliert er die Eigenschaft, zu krystallisiren.

In grösster Menge findet sich der Rohrzucker im Zuckerrohr, in den Runkelrüben, in den Honiggefässen vieler Blumen, in den Maisstengeln, im Safte des Ahorns und vieler Palmenarten; künstlich ihn darzustellen, ist noch nicht gelungen.

In Indien und in den Kolonien gewinnt man den Zucker aus dem Zuckerrohre, dessen Saft 16—20 Procent enthält, zum Theil auch aus Palmensaft, in Amerika auch aus dem Ahorn, in Europa seit dreissig Jahren aus den Runkelrüben, welche 10 bis 14 Procent Zucker enthalten.

Die Darstellung beruht überall darauf, aus dem zuckerhaltigen Safte durch Kochen und Zusatz von Kalk möglichst schnell die Stickstoffverbindungen zu entfernen, weil diese ihn

in Gährung versetzen und dadurch den Zucker zerstören würden. Nachdem noch die Salze und Säuren entfernt sind, wird der Saft verdickt, durch Kohle von den Farbstoffen gereinigt, und dann lässt man ihn krystallisiren. Aus dem nicht krystallisirbaren Zucker des Zuckerrohres, der Melasse, wird Rum bereitet. Der Palmenzucker führt den Namen Jaggery.

Der Traubenzucker, der auch Harnzucker, Stärkezucker und Krümelzucker heisst, entspricht in seiner chemischen Zusammensetzung der Formel: $C^{12}H^{14}O^{14}$, hat also nur zwei Atome Wasser mehr als Rohrzucker. Er bildet undeutliche, warzige Krystalle und löst sich erst in vier Dritttheilen seines Gewichtes Wasser, ist weiss und weniger süss als Rohrzucker. Durch Alkalien wird er schnell, durch Säuren weniger schnell in eine unkrystallisirbare Abänderung umgewandelt. Den polarisirten Lichtstrahl lenkt er nach links ab. Mit Käsestoff erhitzt, erzeugt er Milchsäure, später Buttersäure, mit Salpetersäure aber Zuckersäure und Kleesäure.

Der Traubenzucker findet sich in fast allen süssen Früchten, als Ueberzug derselben, in den Wurzeln vieler Pflanzen. Da seine Darstellung aus Pflanzensäften ziemlich umständlich ist, so wird er weniger zum Versüssen verwendet, ist aber um so wichtiger durch seine indirekte Verwerthung, da alle Stoffe, aus denen man geistige Getränke gewinnt, erst in Traubenzucker verwandelt werden müssen, wenn sie ihn nicht schon enthalten, bevor man die geistige Gährung einleiten kann. Zur Zeit der Kontinentalsperre stellte man den Traubenzucker als Ersatzmittel des Rohrzuckers aus Stärke durch Behandlung mit Schwefelsäure im Grossen dar; jetzt hat dieser Industriezweig fast ganz aufgehört.

Der Fruchtzucker findet sich in vielen süssen Früchten und ist unkrystallisirbar.

Der Milchzucker kommt in den Früchten der Eichen und in manchen andern fleischigen Samenlappen vor.

b) Pektinkörper und Pflanzenschleim.

Diese Körper stehen den vorigen sehr nahe und unterscheiden sich von ihnen hauptsächlich dadurch, dass sie den Wasserstoff und Sauerstoff nicht in dem Verhältniss enthalten, wie sie im Wasser verbunden sind. Ihre Zusammensetzung scheint der Formel $C^{12}H^{16}O^{10}$ zu entsprechen. Sie haben theils keine chemische Verwandtschaft, theils treten sie als schwache Säuren auf. Mit Wasser bildeten sie Gallerten, in Alkohol und Aether sind sie unlöslich. Sie sind geschmack- und geruchlos und haben keine bestimmte Gestalt.

Für die Ernährung sind sie von der grössten Wichtigkeit, da sie sich in fast allen Pflanzen finden, in grösster Menge aber in fleischigen Früchten und Wurzeln, in den Kartoffeln, Mohrrüben u. s. w. Die Fruchtgelee's sind hauptsächlich diese Körper, gemengt mit Zucker und Pflanzensäuren.

c) Fette.

Die Fette sind in den Pflanzen sehr verbreitete Stoffe. Sie treten meist als salzartige Verbindungen einer sogenannten Fettsäure mit Basen auf, deren Natur noch nicht genug erforscht ist. Doch tritt in allen diesen Verbindungen dieselbe Basis auf; das Glycerin, das jetzt eine vielfache Anwendung findet, ist diese Basis mit Wasser verbunden. Durch Alkalien können die Fettsäuren abgeschieden werden; in ihrer Verbindung mit Alkalien heissen sie Seifen, mit schweren Metalloxyden aber Pflaster. Durch mineralische Säuren erhält man aus den Seifen die Fettsäure rein.

Die Fette sind leichter als Wasser, unlöslich darin, aber löslich in Aether und Kohlenwasserstoffen; auf Papier geben sie Fettflecke. Bei gewöhnlicher Temperatur sind sie hart und butterartig, bei höherer Temperatur werden sie flüssig; sie können nicht unzersetzt verflüchtigt werden.

Meist kommen in den Pflanzen verschiedene Fettarten gemengt vor; da ihre Zahl sehr gross ist, müssen wir uns auf die wichtigsten beschränken.

Margarin. Es ist ein festes, sehr verbreitetes Pflanzenfett, besonders reichlich im Baumöl. Das Margarin schmilzt bei 44° und löst sich in Alkohol, woraus es beim Verdunsten sich in Krystallen ausscheidet.

Die Margarinsäure entspricht der chemischen Formel: $C^{34}H^{34}O^{3}+HO$ und schmilzt bei 60°.

Stearin. Das Stearin findet sich in der Kakaobutter und im chinesischen Pflanzenwachse. Es schmilzt bei 62° und ist im Aether nur wenig löslich.

Die Stearinsäure hat die chemische Formel $C^{68}H^{68}O^{5}$ $+HO$. Sie schmilzt bei 69—70°.

Das Palmitin ist ein Gemenge des Margarin und Stearin.

Oleïn. Das Oleïn ist Hauptbestandtheil der flüssigen Fette der Pflanzen, besonders reich ist es in den Oliven. Es ist klar, geschmacklos, und erstarrt bei 4° unter dem Gefrierpunkte.

Die Oleïnsäure hat die Formel $C^{36}H^{33}O^{3}+HO$ und wird an der Luft durch Aufnahme von Sauerstoff leicht verändert. Sie ist bis 14° unter Null flüssig; mit Salpetersäure oder Schwefelsäure behandelt, geht sie leicht in die gleich zusammengesetzte Elaïdinsäure über, die erst bei 44° schmilzt.

Olin. Das Olin findet sich mit dem Oleïn in den flüssigen Fetten, besonders im Lein, Hanf, Mohn, Ricinus und Kokosnussöl; es ist der Hauptbestandtheil der sogenannten trocknenden Oele.

Die Fette aus der Muskatbutter, die Wachsarten und die ätherischen Oele sind noch viel zu wenig untersucht und ihrer chemischen Natur nach erforscht, als dass wir für ihre Bildung in den Pflanzen nur einigermassen Anhaltepunkte finden könnten.

d) Organische Säuren.

Schon bei den Fetten haben wir einige wichtige Säuren kennen gelernt; doch kommen sie stets mit organischen Stoffen verbunden vor. Hier handelt es sich um solche Säuren, die mit unorganischen Stoffen verbunden oder frei in den Pflanzen auftreten. Sie zeigen alle Eigenschaften der Mineralsäuren, röthen blaues Lackmuspapier und sind frei stets mit Wasser verbunden.

Die meisten dieser Säuren können ohne Zersetzung verflüchtigt werden. Ihre allgemeine Verbreitung in den Pflanzensäften deutet darauf hin, dass sie bei der Ernährung der Pflanzen eine äusserst wichtige Rolle spielen; jedoch ist uns das Wie noch verschlossen.

Kleesäure. Die Zusammensetzung der Kleesäuäre ist gleich $C^2O^3 + HO$. Unter allen Pflanzensäuren hat sie die weiteste Verbreitung; besonders reichlich findet sie sich im Sauerklee und im Sauerampfer. Sie ist immer an Kalk oder Alkalien gebunden, und der kleesaure Kalk scheint keiner Pflanze, selbst nicht dem Hefenpflänzchen zu fehlen; er ist immer krystallisirt, meist in Nadeln. Ausser ihrem Vorkommen in lebenden Pflanzen ist sie das Endprodukt der Zersetzung vieler organischer Körper, besonders der Kohlenhydrate.

Aepfelsäure. Die Aepfelsäure ist gleich $C^4H^2O^4 + HO$. Sie ist einer der häufigsten Körper des Pflanzenreichs, aber stets an Kalk oder Alkalien gebunden. Der saure Geschmack des unreifen Obstes rührt von den darin enthaltenen sauren Salzen der Aepfelsäure her, während die Salze in reifen Früchten neutral sind. Unter sauren Salzen versteht man die, welche auf ein Atom Basis zwei oder mehr Atome Säure enthalten; kommt auf ein Atom Basis ein Atom Säure, so heissen sie neutral.

Citronensäure. Sie hat mit der vorigen gleiche Zusammensetzung. Sie kommt frei und verbunden häufig mit der Aepfelsäure vor, ist aber besonders reichlich enthalten in den Orangen, Johannisbeeren, Preisselbeeren u. s. w.

Weinsäure. Sie ist gleich $C^4H^2O^5 + HO$. Ziemlich häufig in den Pflanzensäften enthalten, besonders aber im Wein, in der Ananas, in den Gurken. Weinstein ist saures weinsaures Kali, gemengt mit weinsaurem Kalk. Sie findet wie die Kleesäure und Citronensäure eine vielfache Anwendung, besonders in der Färberei und in der Medicin.

2. Stickstoffhaltige Verbindungen.

Die stickstoffhaltigen Verbindungen kommen in weit geringerer Menge in den Pflanzen vor, dagegen sind einige noch verbreiteter als die stickstofffreien, und es scheint, als ob ohne ihre Gegenwart keine Umsetzung der Stoffe in den Zellen stattfinden könne; denn alle die Zellen, die keine stickstoffhaltigen Verbindungen mehr enthalten, verholzen und sind für die Ernährung der Pflanzen ohne Werth, während alle jugendlichen Zellen reich an Stickstoffverbindungen sind. Wir wollen hier nur die sogenannten Proteïnkörper und die Pflanzenalkaloide betrachten.

a) Proteïnkörper.

Die Proteïnkörper finden sich in jeder lebenden Zelle, sei es gelöst im Zellsafte, sei es als feste, körnige Masse. Sie entstehen vor allen Stoffen, scheinen alle chemischen Processe in der Zelle einzuleiten und ihren Verlauf zu bedingen; auch scheinen sie nur in der Pflanze entstehen zu können, die Proteïnstoffe im thierischen Organismus dagegen nur Veränderungen derselben zu sein. Sie liefern den Thieren das Material zur Muskel- und Nervenbildung. Auf welche Weise diese Umbildung vorgeht, ist noch nicht ausgemacht; doch scheinen sie alle in löslicher Form in das Blut überzugehen, und daraus werden sie alsdann als feste Bestandtheile des Thierkörpers abgeschieden.

Sie haben alle geringe oder keine chemische Verwandtschaft zu andern Körpern, sind nicht flüchtig und bestehen

aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel oder Phosphor. Alle lösen sich in Alkalien, woraus sie durch Säuren wieder in fester Form ausgeschieden werden. Mit Jod färben sie sich gelb, mit starker Schwefelsäure violett, mit salpetersaurem Quecksilberoxydul roth, mit Zucker und starker Schwefelsäure rosafärben; durch gelbes und rothes Blutlaugensalz werden ihre Lösungen gefällt. Wegen ihrer leichten Veränderlichkeit ist es sehr schwierig, sie zu untersuchen.

Die meisten Chemiker nehmen an, dass die thierischen und pflanzlichen Proteïnkörper gleich sind.

Kleber. Der Kleber ist eine sehr elastische, fadenziehende Substanz, die aber wahrscheinlich noch nicht rein dargestellt ist.

In Wasser und Weingeist ist er ganz unlöslich. Mit Pflanzenleim bildet er einen äusserst wichtigen Bestandtheil unserer Brodfrüchte, der das Mehl fähig macht, zu Brod verbacken zu werden; je weniger Kleber eine Getreideart enthält, um so weniger ist sie geeignet, zu Brod verbacken zu werden. Es mögen hier einige Angaben über den Gehalt an Eiweiss, Kleber u. s. w. in den wichtigsten Nahrungsmitteln ihre Stelle finden. Es enthalten 100 Theile

Weizenmehl Nr. 1	=	19,16	Prozent
„ „ 2	=	13,54	„
Roggenmehl „ 1	=	11,94	„
„ „ 2	=	18,71	„
Rispenhafer	=	18,00	„
Gerste	=	17,81	„
Buchweizen	=	9,96	„
Mais (türkisch Korn)	=	14,68	„
Reis	=	7,40	„
Bohnen	=	28,54	„
Erbsen	=	28,22	„
Kartoffeln	=	2,37	„

An Stickstoffgehalt stehen Bohnen, Erbsen und Linsen oben an, weshalb wir die Hülsenfrüchte mit Recht das Fleisch

des armen Mannes nennen können; an Kleber aber sind Weizen und demnächst der Roggen am reichsten, weshalb diese Getreidearten vor allen zur Brotbereitung geeignet sind. Der Nutzen des Klebers bei der Brotbereitung ist nämlich der, dass er mit dem Amylon einen zähen Teig bildet, der durch die Gährung porös wird; diese Porosität macht aber das Brot leichter verdaulich. Das Mehl aus den Hülsenfrüchten kann wegen des gänzlichen Mangels an Kleber nicht zu Brot verbacken werden; mit Roggen- oder Weizenmehl verbacken, giebt es immer ein schweres, nicht leicht zu verdauendes Brot, das ebenso, wie Reisbrot und Maisbrot schnell alt wird.

Pflanzenleim. Er findet sich mit dem Kleber zusammen und wird von ihm durch kochenden Weingeist getrennt; er ist klebrig und geschmacklos.

Albumin oder Eiweiss. Das Eiweiss ist in Wasser löslich, gerinnt aber bei 55°; ist die Lösung sehr verdünnt, so gerinnt es erst durch Kochen der Flüssigkeit. Auf Zusatz von Säuren gerinnt es leichter. Zu viel Säure, oder die Gegenwart von Alkalien verhindert die vollständige Gerinnung. Das Eiweiss ist eines der kräftigsten Nahrungsmittel und findet sich überall in den Pflanzen; am reichlichsten jedoch in den Samen der Hülsenpflanzen. Es tritt theils gelöst im Pflanzensafte auf, theils als Verdickungsschicht der Zellwandung, theils als Gerinsel. Das einmal geronnene Eiweiss ist entweder schwer oder gar nicht mehr löslich.

Liebig hat entdeckt, dass aus Fleisch Eiweiss entsteht, und aus dieser Entdeckung geht ziemlich unwiderleglich hervor, dass im thierischen Körper das Umgekehrte stattfindet, dass sich nämlich aus dem Eiweiss Fleischstoff bildet.

Kaseïn, Käsestoff oder Legumin. Der Käsestoff ist weit weniger verbreitet in den Pflanzen und findet sich hauptsächlich in den Samenlappen der Hülsenfrüchte.

Er ist löslich im Wasser und gerinnt durch Erhitzen, sowie auf Zusatz von Säuren oder Kälberlab. Von der Art seiner Fällung hängt sein Gehalt an unorganischen Salzen ab.

b) Alkaloide.

Zu den Alkaloiden gehört eine grosse Zahl sehr zusammengesetzter Verbindungen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; unter ihnen befinden sich die gefährlichsten Pflanzengifte, so das Strychnin aus *Strychnos nux vomica* (Krähenaugen), Morphyn aus dem Safte des Mohnes; als wichtiges Arzneimittel das Chinin und Cinchonin aus der Chinarinde oder Fieberrinde.

Sie haben fast alle grosse Neigung, sich mit Säuren zu Salzen zu verbinden, kommen auch immer an Säuren gebunden in den Pflanzen vor; sie bläuen geröthetes Lackmuspapier und einige entziehen sogar dem Ammoniak die Säure.

Es liegt ausserhalb unserer Aufgabe, hier auch nur die wichtigern jener Stoffe aufzuführen; wir wollen uns daher auf diejenigen beschränken, welche wegen ihres Vorkommens in Nahrungsmitteln von allgemeinem Interesse sind, nämlich die Alkaloide des Thee, des Kaffee und der Chokolade. Alle drei Substanzen enthalten ein flüchtiges Oel und ein nahezu gleiches Alkaloid, das von besonderem Einfluss auf die Harnabsonderung ist.

Kaffeïn oder Theïn. Dieses Alkaloid, dessen chemische Formel $C^{16}H^{20}N^{8}O^{4}$ ist, findet sich im Kaffee, im chinesischen Thee *(Thea chinensis* und *Thea viridis)*, in den Blättern der südamerikanischen Stechpalme *(Ilex paraguayensis)*, deren Blätter in Südamerika wie der chinesische Thee verbraucht werden, und in der *Paullinia sorbilis*, aus der man ein Arzneimittel, das Guarana, gewinnt.

Der Theestoff ist in Wasser und Alkohol löslich und krystallisirt in seidenglänzenden Nadeln, ist fast geschmack- und geruchlos. Den Wohlgeruch des Kaffees kann er nicht erzeugen; dieser rührt vielmehr von noch unbekannten Zer-

setzungsprodukten her, die beim Rösten des Kaffees sich bilden. Im Thee ist die Substanz, die den Wohlgeruch erzeugt, schon fertig gebildet vorhanden, und der Aufguss auf Thee wirkt mehr belebend, als der des Kaffee's. Eine geringere Theesorte aus Kochinchina, der Ziegelthee, dient den wandernden Nomadenhorden Mittelasiens als wahres Nahrungsmittel und ist zugleich ihre Münze.

Rochleder sagt vom Kaffee: „Für Arme, die wenig stickstoffhaltige Nahrung geniessen können, sondern meist nur Kartoffeln haben, ist der Genuss des Kaffee's ein Ersatzmittel für das Fleisch.“ Das wäre ein theures Ersatzmittel, und Hülsenfrüchte leisten jedenfalls bessere Dienste, wenn schon nicht zu leugnen ist, dass der Genuss des Kaffees von grossem Vortheil für die Verdauung ist. Leider geniessen aber die armen Leute Surrogate statt des Kaffees, die eher die Verdauung hemmen, als sie befördern.

Theobromin. Dieser dem Kaffeïn sehr verwandte Stoff entspricht in seiner chemischen Zusammensetzung der Formel $C^{14}H^{16}N^{8}O^{4}$ und findet sich in den Kakaobohnen neben der sogenannten Kakaobutter. Die Hülsen, worin die Bohnen sitzen, sind einen halben Fuss lang und enthalten ein essbares Zellgewebe. Das Theobromin schmeckt bitterlich, ist in heissem Wasser wenig, in Weingeist und Aether fast gar nicht löslich und krystallisirt.

Die Chokolade ist ein Gemisch aus gerösteten und gemahlenen Kakaobohnen, Zucker und Gewürzen, und sie ist in Folge des grossen Stickstoffgehaltes des Theobromin sehr nahrhaft.

Nachdem wir so die wichtigeren Bestandtheile des Pflanzenkörpers und ihre chemischen Beziehungen zu einander kennen gelernt, wollen wir uns zur Betrachtung der Ansichten wenden, die man im Laufe der Zeit über die Entstehung dieser

Substanzen innerhalb der Pflanzen aufgestellt hat. Die älteste Annahme ist die, dass bei den Pflanzen wie bei den Thieren ein allgemeiner Nahrungssaft, eine Lymphe entstehe, welche den einzelnen Theilen zugeführt, diese ernähre, und bis in die neueste Zeit giebt es Vertheidiger für diese Ansicht.

Die erste Erklärungsart der Entstehung fester Stoffe in den Pflanzen rührt von Davy her und lautet etwa folgendermassen: „Die zuckerhaltigen, schleimigen und eiweissartigen Bestandtheile im Safte des Splintes oder jungen Holzes verbinden sich mit dem Gerb- und Extraktivstoff der Rinde, scheiden Wasser ab und gehen in organische Materie über." Diese Annahme glaubte er durch den Versuch bewiesen, dass, wenn man in den Splintsaft einen Aufguss von frischer Eichenrinde schüttet, sofort ein Niederschlag entsteht. Angenommen, die Behauptung wäre richtig, so lehrt sie uns doch keineswegs, woher der Zucker, der Schleim und das Eiweiss in den Splintsaft kommt.

Die übrigen älteren Pflanzenphysiologen lehren etwa Folgendes: Der rohe Nahrungssaft steigt bis zu den Blättern, dort entweichen die wässerigen Theile, und der so entstandene Bildungsaft strömt abwärts von den Blättern in alle Theile der Pflanze, um Zellen und andere Bestandtheile zu erzeugen.

Nach einer andern Ansicht ist die Pflanzenmilch die eigentliche Nahrungsflüssigkeit, aus der alle Stoffe gebildet werden; der Milchsaft ist eben so verschieden, wie die einzelnen Pflanzen.

Duhamel sagt: „Der eigene Saft (Milchsaft) der Pflanzen strömt vorzugsweise von oben nach unten; eben so ist es mit der Massenzunahme der Pflanzen; anderseits ist ein Baum krank, wenn der eigne Saft irgend wo ausströmt."

Man glaubte sich um so mehr berechtigt, den Milchsaft als den allgemeinen Nahrungssaft anzunehmen, als er der thierischen Milch so ähnlich sei und immer in der Nähe der neuen Gebilde ströme; er bilde, meinte man, sicherlich die Knospen, und daher komme es, dass die niedern Pflanzen,

die sogenannten Kryptogamen, wozu die Farrnkräuter, Schachtelhalme, Moose, Pilze und Algen gehören, keine Knospen ansetzen, weil ihnen der Milchsaft fehlt.

Diese Milchsaftlehre hat sich bis in die neueste Zeit erhalten, obgleich man unter den mehr als zweihundert bekannten Pflanzenfamilien nur acht kennt, die Milchsaft führen; es könnte also diese Erklärungsweise nur auf acht Familien passen, auf zweihundert aber nicht.

Luft, Licht, Wärme und Elektrizität, so viel steht fest, sind für den Ernährungsprozess der Pflanzen nothwendig, wenn wir auch kaum ahnen, in welcher Weise diese Kräfte einwirken.

Beim Keimen der Pflanzen ist die Gegenwart von Sauerstoff nothwendig, da sich aus dem Kohlenstoff des Samens mit dem Sauerstoff der Luft bei allen Keimungsprozessen Kohlensäure bildet, wie man durch einen einfachen Versuch nachweisen kann. Eben so sicher ist es, dass grüne Blätter im Sonnenlicht Kohlensäure aus der umgebenden Luft aufnehmen und Sauerstoff dafür ausgeben, wenn schon nicht so viel, als in der aufgenommenen Kohlensäure enthalten ist. Bringt man eine Pflanze, der man alle Bedingungen zum Leben erfüllt hat, in einen luftleeren Raum, so stirbt sie sehr schnell ab; Beweis genug, dass sie der Luft bedarf.

So unverkennbar die Wirkungen des Lichtes auf das Leben der Pflanze sind, so wenig sind wir bis jetzt im Stande, die Art seines Einflusses zu erklären. Wir wissen, dass das Licht selbst bei der Bildung und Zersetzung unorganischer Verbindungen vom grössten Einfluss ist; dass z. B. durch die Wirkungen des Lichtes Silbersalze zersetzt werden, auf welcher Erfahrung die Anfertigung der Lichtbilder beruht; wie viel gewaltiger muss die Einwirkung des Lichtes im Pflanzenreich sein, wo bei ganz gleicher Zusammensetzung so verschiedene Stoffe vorhanden sind, wo es nur des geringsten Anstosses bedarf, um eine Verbindung in eine andere überzuführen. So wird z. B. Essigsäure, in zerstreutem Tageslicht mit Chlor behandelt, in eine Essigsäure verwandelt, die ein

Atom Wasserstoff verloren hat, dafür ein Atom Chlor aufgenommen; wirkt aber das Chlor im direkten Sonnenlicht auf die Essigsäure ein, so treten drei Atome Wasserstoff aus der Verbindung, und drei Atome Chlor treten an ihre Stelle.

Wir wissen ferner aus vielfachen Untersuchungen, dass die Pflanzen bei gleicher Wärme in den Strahlen der Sonne viel stärker Wasser aushauchen, als im Dunkeln.

Allgemein bekannt ist das bleiche Aussehen solcher Pflanzen, welche im Dunkeln stehen; werden sie ans Licht gebracht, so werden sie schnell grün. Dieses Grünwerden beruht auf einer lebhaften Verbrennung oder Oxydation von Kohlenstoff, wodurch das Blattgrün entsteht.

Auf der andern Seite scheint das Licht doch nicht für jede Pflanze unumgänglich nöthig zu sein; *Rizomorpha subcorticaulis* gedeiht im Innern von Baumstämmen ohne jede Spur von Licht, und Ehrenberg hat Pflanzen aus einer Meerestiefe erhalten, wohin nie ein Lichtstrahl dringen kann. Ja selbst zur Bildung von Blattgrün scheint das Licht nicht durchaus nothwendig zu sein; wie sollte man sich sonst die schöne grüne Farbe der Samenlappen von Pistazia erklären, die sich in einer für das Licht undurchdringlichen Schale entwickeln. In den gewiss lichtreichen Steppen und Wüsten findet man keine schöne grüne Pflanze; sie haben alle ein bleiches Aussehen, während im tiefsten Dunkel der Wälder das schönste Grün, besonders bei Moosen, vorwaltet.

Was die Einwirkung der Wärme betrifft, so wissen wir, dass bei jedem chemischen Prozess Wärme verbraucht, oder Wärme erzeugt wird; wenn wir Kochsalz mit Schnee mischen, so will sich das Kochsalz in Wasser lösen; dazu muss Schnee geschmolzen werden; da dies nicht ohne Wärme geschieht, so wird der Umgebung Wärme entzogen; dies ist das Geheimniss der künstlichen Eisbildung. Wenn wir Kohle in Kohlensäure verwandeln, so geschieht dies unter Entwickelung von Licht und Wärme; die Kohle verbrennt. Aber nicht die Wärme der Luft allein ist von Einfluss auf das Leben der

Pflanzen, sondern in weit höherm Grade scheint es von der Fähigkeit des Bodens, Wärme aufzunehmen, bedingt zu sein.

Nicht die chemischen Bestandtheile sind es, wovon die Erwärmungsfähigkeit des Bodens abhängt, sondern die Farbe des Bodens ist vom allerbedeutendsten Einfluss. Da nun die schwarze Farbe wesentlich von der Menge der organischen Reste, die sich im Acker finden, abhängt, so sehen wir hierin eine höchst wichtige Wirksamkeit des Düngers. Aus der Erwärmungsfähigkeit des Bodens lässt sich theilweise sogar die Vertheilungsweise der Pflanzen, das Verkommen an bestimmten Punkten erklären.

Wie verschieden die Wärme des Bodens und der Luft sein kann, geht aus folgender Tabelle von Beobachtungen hervor, die Schübler in seinem Garten in Tübingen täglich Mittags von 12—1 Uhr ein ganzes Jahr hindurch anstellte.

Die mittlere Temperatur war

	an der Erdoberfläche	in der Luft
im Januar	+ 9,8°	— 3,3°
„ Februar	+ 24,1	+ 4,9
„ März	+ 30,0	+ 6,5
„ April	+ 39,8	+ 13,2
„ Mai	+ 44,1	+ 15,7
„ Juni	+ 47,9	+ 19,2
„ Juli	+ 50,8	+ 21,9
„ August	+ 43,6	+ 16,4
„ September	+ 39,0	+ 16,0
„ Oktober	+ 21,7	+ 4,8
„ November	+ 18,1	+ 3,6
„ Dezember	+ 12,1	+ 1,6

Alexander v. Humboldt fand auf der Insel Graziosa im weissen, basaltischen Sande 40°, im schwarzen dagegen 54°,2. Zieht man Wein an Mauern, so giebt man ihnen gern einen schwarzen Anstrich; auch unterscheidet der Landmann kaltgründigen und warmgründigen Boden.

Einzelne Erfahrungen haben gelehrt, dass das Wachsthum der Pflanzen theils von der Stärke der Sonnenstrahlen, von

der Intensität der Wärme, anderseits von der Menge der Wärme abhängt. Leider sind diese Erfahrungen noch zu vereinzelt, um allgemeine Schlussfolgerungen zuzulassen.

Wir wissen, dass unsere Kulturpflanzen in südlicheren Klimaten nicht gedeihen wollen; unsere Obstsorten arten alle aus; der Weizen geht nicht näher an den Aequator, als bis zum 20°; jedenfalls ist die Wärmeintensität zu gross. Unsere Runkelrübe erzeugt in wenig südlichern und nördlichern Klimaten als das mittlere Deutschland und nördliche Frankreich so wenig Zucker, dass sich ihr Anbau behufs der Zuckergewinnung nicht mehr lohnt; es scheint eine bestimmte Wärmeintensität nöthig zu sein, um die Zuckerbildung in der Rübe zu veranlassen; ist die Intensität grösser, so werden andere Stoffe gebildet.

Was den zweiten Punkt betrifft, dass auch eine bestimmte Wärmemenge für das Leben der einzelnen Pflanzen nothwendig ist, so hat Boussingault einige dahin gehörige Beobachtungen mitgetheilt, die in folgender Tabelle enthalten sind; die letzte Rubrik enthält das Produkt aus der Anzahl der Tage und der mittleren Temperatur.

Weizen gebrauchte zur vollkommenen Reife im

Elsass . . .	137	Tage bei einer mittleren Temperatur von		15°	2055°
Paris	140	„	„	13,4	2161
Alais	146	„	„	14,4	2092
Kingston . . .	122	„	„	17,2	2098
Cincinnati . .	137	„	„	15,7	2151
Quinchuqui (Südamerika) . .	181	„	„	14,0	2534
Turmero . . .	92	„	„	24,0	2208
Truxillo . . .	100	„	„	22,3	2230
Mark Brandenburg	168	„	„	13,0	2192

Gerste gebrauchte

Elsass	122	Tage	„	14°,0	1708°
Alais	137	„	„	13,1	1795

Aegypten	90	Tage bei einer mittleren Temperatur von		21°,0	1890°
Kingston	92	„	„	19,0	1738
Funchal	168	„	„	10,7	1798
Santa-Fé	122	„	„	14,7	1799
Mark Brandenburg	122	„	„	14,7	1799
Der Mais oder das türkische Korn					
Elsass	122	Tage	„	20°	2440°
Alais	135	„	„	22,7	3064
Kingston	122	„	„	22,0	2684
Neu-Granada . .	92	„	„	27,5	2530
Zupia	137	„	„	21,5	2887
Santa-Fé	183	„	„	15,0	2745
Kartoffeln gebrauchten					
Elsass	162	Tage	„	18°,2	2944°
Alais	153	„	„	21,1	3228
Venezuela . . .	120	„	„	25,5	3060
Santa-Fé	200	„	„	14,7	2930
Merida	276	„	„	11,0	3060
Pomasqui	200	„	„	15,5	3100
Die Indigopflanze					
Venezuela	80	Tage	„	27°,4	2200°
Marakay	92	„	„	25,5	2346
Koromandel . . .	90	„	„	24,6	2217
Gemässigte Gegend	106	„	„	22—23	2385

Vergleicht man die Produkte aus der Anzahl der Tage und den mittlern Temperaturgraden, so findet man sie bei den einzelnen Pflanzen nahezu gleich; die geringen Unterschiede liessen sich wohl aus der verschiedenen Feuchtigkeit, der Erwärmungsfähigkeit des Bodens u. s. w. leicht erklären.

Mit dem Wasser nimmt, wie wir gesehen haben, die Pflanze Kohlensäure und Ammoniak, sowie anorganische Salze auf; von diesen scheinen einige für die Verarbeitung der Nahrung nothwendig, andere scheinen nur aufgenommen zu sein, weil sie im Boden gelöst vorhanden waren. Die Pflanze wählt sich ihre Nahrung nicht aus, aber die chemische und physikalische Beschaffenheit der Zellenhaut und des Zelleninhaltes bewirken es, dass von dem einen Stoff mehr, von dem andern weniger aufgenommen wird. Die aufnehmende Zelle verarbeitet einen Theil der aufgenommenen Stoffe je nach ihrem besondern Bedürfniss; das Uebrige wird von den benachbarten Zellen angezogen, um wiederum theils verarbeitet, theils weiter geführt zu werden.

Die Zelle bildet aus der Kohlensäure, dem Ammoniak und dem Wasser mit Beihülfe des Phospbors und Schwefels, welche Stoffe sie aus ihren anorganischen Verbindungen ausscheidet, die eiweissartigen Verbindungen einerseits, anderseits aber auch die stärkemehlartigen.

Aus den fortwährenden Veränderungen, welche letztere in der Zelle erleiden, entstehen die Harze, Oele, Fette, die Farbstoffe und die Pflanzensäuren, welche die überflüssig vorhandenen mineralischen Basen binden; aus erstern werden die Alkaloide.

Die stärkemehlartigen Stoffe gehen leicht ineinander über, um so leichter, als ihre Zusammensetzung sehr ähnlich ist; sie gehen bald vom Stärkemehl zum Dextrin und Zucker, bald umgekehrt vom Zucker zu Dextrin, Stärkemehl und Zellstoff über.

Aus dem Zellstoff wird Holz und Korkstoff durch theilweise Entziehung des Sauerstoffs; verschwindet dieser noch mehr, so entstehen die Wachs- und Fettarten; viele flüchtige Oele bestehen nnr aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Durch Aufnahme von Sauerstoff werden umgekehrt die ätherischen Oele in Harz verwandelt.

In dieselbe Reihe der Produkte, gleichzeitig mit ihnen gebildet, gehören die Säuren und das Blattgrün, die ihrerseits

wiederum in andere Stoffe rückverwandelt werden können. Die stickstoffhaltigen Verbindungen sind theils die Vermittler dieser ewigen Wandlungen der Stoffe, theils gehen sie selbst mit in die Verbindungen ein, theils erleiden sie selbst fortwährend Veränderungen, und gerade die ausserordentlich leichte Veränderlichkeit derselben ist es, welche auch die Umsetzung bei den andern Stoffen hervorruft.

Bei der Bildung stärkemehlhaltiger Stoffe aus Kohlensäure und Wasser muss Sauerstoff frei werden, wie die Zusammensetzung jener Stoffe lehrt; daher athmen die Pflanzen bei Tage Sauerstoff aus und zwar um so mehr, je lebhafter der Ernährungsprozess vor sich geht; in der Nacht dagegen ist wegen Mangel an Licht der Lebensprozess, wenn nicht unterbrochen, so doch weniger lebhaft, die aufgenommene Kohlensäure wird nicht verarbeitet, daher ausgeathmet. Zur Bildung der sauerstoffreichern Verbindungen, z. B. der Säuren, muss wieder Sauerstoff aufgenommen werden, sei es als solcher, sei es in seinen Verbindungen als Kohlensäure und Wasser.

Wenn die Stickstoffverbindungen aus einer Zelle verschwinden, so verschwindet auch der Zellsaft aus derselben, dadurch das wahre Lebenselement, da nur im Wasser lösliche Stoffe von einer Zelle der andern zugeführt werden können; die Zelle stirbt.

Im Fruchtlager der Flechten kann man den direkten Uebergang des Zellstoffes in Flechtenstärke beobachten, und B l o n d e a u hat gefunden, dass beim Reifen der Oliven Zellstoff in Fett umgewandelt wird. Nur verholzter und verkorkter Zellstoff gehen keine Veränderungen mehr ein, weswegen verholzte und verkorkte Zellen für das Leben der Pflanze nicht mehr vorhanden sind; sie bilden dagegen das feste Gerüst.

Die Pflanze zerlegt nicht nur organische Stoffe, sie zersetzt auch die stärksten mineralischen Verbindungen; ihren Gehalt an Phosphor und Schwefel kann sie nur aus phosphorsauren und schwefelsauren Salzen, oder aus Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff erhalten; sie muss zu dem Ende

jene Verbindungen zersetzen. Die Alkalien und Erden geben ihre Säuren ab und verbinden sich mit den Pflanzensäuren, welche erst im Innern der Zelle gebildet werden. Kieselsäure und Kalk scheinen bei vielen Pflanzen ein nothwendiger Bestandtheil der Zellenhaut zu sein, z. B. bei den Gräsern. Die in zu grosser Menge in den Pflanzen enthaltenen Salze werden krystallinisch ausgeschieden. Nach dem Bedürfniss der einzelnen Zellen finden sich in derselben Pflanze die verschiedensten Stoffe, in den Fruchtspelzelzen der Getreidearten z. B. viel Kieselsäure, im Sameneiweiss dagegen phosphorsaure Salze.

Das Gewebe der Pilze und Flechten, eine besondere Abart der Zellulose, liefert andere Produkte, als die Zellulose der Algen, diese andere als die Parenchymzellen der höhern Pflanzen. Der Pilzzellstoff geht nicht in Amylon über, es findet sich in den Zellen kein Blattgrün, eben so wenig in dem Fadengewebe der Flechten; die Entstehung des Blattgrüns scheint von den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Zellenwand abhängig zu sein.

Das Kambium, d. h. die jüngsten Parenchymzellen, kann allein neue Zellen bilden; sein Inhalt ist reich an Stickstoffverbindungen. Dieser Reichthum, Abwesenheit der Luft in den Interzellularräumen und Zartheit der Zellenwand sind die Bedingungen für die Zellenbildung; die bei der Umbildung der Stoffe ausgeschiedene Luft entweicht endosmotisch in die Gefässe.

Die Bildung der Zellen geht in der Weise vor sich, dass sich die stickstoffhaltigen Bestandtheile zuerst organisiren, und dass sich erst später die aus Zellulose bestehende Haut bildet, und zwar entstehen neue Zellen stets nur innerhalb schon vorhandener, niemals in den Zwischenräumen alter Zellen. Entweder entstehen die Zellen durch Theilung alter Zellen, oder sie bilden sich frei in der Höhlung aus. Im ersten Falle faltet sich zunächst der Primordialschlauch in zwei oder mehr Abtheilungen, und es setzt sich auf der Aussenseite desselben eine Haut aus Zellulose an, so dass

endlich in der Mutterzelle sich mehrere vollkommen durch Zellwand abgeschlossene Zellen finden; in vielen Fällen geht der Theilung des Inhaltes eine Theilung des Zellkernes in so viele neue Zellkerne vorauf oder eine Bildung neuer, als später neue Zellen entstehen. Bei dem weitern Wachsthum der Tochterzellen dehnt sich entweder die Mutterzelle weiter aus, oder sie wird aufgelöst und von den Tochterzellen aufgesaugt. Häufig werden sogar ganze Gewebe verflüssigt und aufgesaugt oder resorbirt. Fig. 12 bis 14 stellt den Vorgang der Zellenbildung durch Theilung in seinem Verlaufe im Pollen von *Althaea rosea* dar. Fig. 12 den Anfang der Theilung des Inhaltes, vier Zellenkerne sind sichtbar; Fig. 13 zeigt schon den Beginn der Zellulosebildung; bei Fig. 14 sind die vier Zellen deutlich getrennt.

Die Bildung freier Zellen ist viel seltner; sie bilden sich im Embryosack der Planerogamen. In der Regel bilden sich zuerst Zellenkerne, indem sich die stickstoffhaltigen Bestandtheile in einzelnen Punkten anhäufen und zu einem durchscheinenden Kern verdichten. Um diese Kerne als Bildungsmittelpunkt lagern sich die stickstoffhaltigen Stoffe, die dann bald eine Zellenhaut ausscheiden. Aber nicht blos im Innern alter Zellen ist die Art der Bildung möglich, sondern auch unabhängig von Mutterzellen in bildungsfähigen Säften, wie z. B. die Hefenzellen und die Pilze, welche sich bei der Zersetzung organischer Substanzen bilden. Fig. 15 und 16 stellt die freie Zellenbildung im Embryo von *Orchis* dar.

In einem andern Theil des dünnwandigen Parenchyms bildet sich nur Stärke, keine neuen Zellen; in den Interzellularräumen findet sich nur Luft. Die Gegenwart von Stärkemehl ist unter allen Umständen ein Beweis, dass die Zellenbildung aufgehört hat; verschwindet es, so können sich wieder neue Zellen bilden. Innerhalb des Parenchyms kann sich das Stärkemehl weiter in Harz umwandeln, und nur im Parenchym bilden sich Krystalle; Blattgrün findet sich meist nur in den an der Oberfläche gelegenen Zellen. Das Parenchym führt die anorganischen und organischen Salze, es bildet

die Pflanzensäuren und Farbstoffe; es verbraucht mehr Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, das Kambium dagegen mehr Stickstoff. Eine Parenchymzelle arbeitet gleichsam für die andere; das Parenchym des Staubbeutelfaches bereitet die Nahrung für die Mutterzellen des Blüthenstaubes, das des Knospenkerns liefert sie für den Keimsack; die Samenlappen sorgen für den jungen Pflanzenkeim.

Die Holz- und Gefässzellen bilden weder neue Zellen noch Stärkemehl; sie nehmen, wenigstens im weitern Verlauf des Wachsthums, die von den Parenchymzellen ausgeschiedenen Luftarten auf, da sie, ausser im jugendlichen Zustande und im Frühjahr, immer mit Luft gefüllt sind.

Die Bastzellen bilden ebenfalls keine neuen Zellen, selten Stärke, noch seltener Blattgrün, wie beim Flachs; dagegen ist der Milchsaft einzig und allein ein Erzeugniss derselben und wahrscheinlich eben so alle Pflanzenalkalien.

Die Oberhautzellen bilden zwar neue Zellen, aber nur in sehr beschränktem Masse, indem die Kutikula Aufnahme und Abscheidung gasförmiger Produkte verhindert, und nur die Spaltöffnungen leiten dieselben aus dem Innern des Gewebes nach aussen.

Der Kork verdichtet durch seine lockere Beschaffenheit Gase und Dämpfe, wie dies auch durch die äussere Zellschicht der Luftwurzeln vieler Pflanzen, z. B. der Orchideen und Aroideen geschieht.

Die Blätter vergrössern die Oberfläche der Pflanze, wodurch der Einwirkung der Luft, des Lichtes und der Wärme mehr Berührungspunkte dargeboten werden. Deswegen haben Pflanzen ohne Blätter, wie die Kaktusarten und die blattlosen Wolfsmilcharten, nur stellenweise eine verdichtete Oberhaut.

Durch chemische Prozesse im Innern der Pflanze wird Wärme erzeugt; doch ist hierin noch gar wenig untersucht; aber es steht so viel fest, dass im Innern der Pflanze im Winter die Temperatur immer etwas höher ist, als in der umgebenden Luft. Ob die Pflanzen selbstthätig Elektrizität entwickeln, ist zur Zeit noch nicht entschieden, obschon es

nicht unwahrscheinlich ist, dass die chemischen Prozesse zu elektrischen Strömen, oder dass elektrische Ströme Veranlassung zu chemischen Prozessen geben, da ja die Gegenwart elektrischer Ströme in den thierischen Nerven durch Du-Bois-Reymond nachgewiesen ist, nach dessen klassischen Untersuchungen die ganze Nerventhätigkeit auf diesen Strömen zu beruhen scheint.

Viertes Kapitel.

Von der Ausscheidung.

Wenn von der Ausscheidung der Pflanzen die Rede ist, muss man sich gleich von vornherein vergegenwärtigen, dass dieser Vorgang bei den Pflanzen einen durchaus andern Verlauf nimmt und eine durchaus andere Bedeutung hat, als bei den Thieren. Denn während bei den Thieren neben der Abscheidung unverdaulicher Stoffe ein ununterbrochener Stoffwechsel in der Art stattfindet, dass der organisirte Stoff zersetzt und die Zersetzungsprodukte weggeführt werden, wogegen auf der andern Seite die eben zersetzten Organe aus der aufgenommenen Nahrung immer neu organisirt werden, — ist bei den Pflanzen nur eine Ausscheidung der ersten Art, ein Entlassen der unbrauchbaren Stoffe vorhanden; nur bei den wenigen Milchsaft führenden Pflanzen könnte man im gewissen Sinne, jedoch nur in sehr beschränktem Massstabe, von einer Art Stoffwechsel sprechen. Bei den Thieren giebt es gemeinsame Abführungskanäle, die keine andere Aufgabe haben, als die unbrauchbaren und die verbrauchten Stoffe aus dem Körper zu leiten; dagegen führt in der Pflanze jede Zelle ihre Ausscheidung selbstständig aus.

Der Uebersichtlichkeit willen wollen wir in Folgendem die Ausscheidung tropfbar flüssiger Stoffe, die dampfförmiger Stoffe oder die Transpiration, und die Ausscheidung gasförmiger Substanzen oder das Athmen gesondert betrachten.

1) Die Ausscheidung tropfbar flüssiger Stoffe.

Unter allen ausgeschiedenen Säften ist der ausgezeichnetste und auch bekannteste der Milchsaft, der am leichtesten eine Beobachtung zulässt, da er in den meisten Fällen weiss oder gelb gefärbt ist, wodurch er sich von allen übrigen Pflanzensäften unterscheidet.

Der Milchsaft ist schon in den ältesten Zeiten bekannt gewesen, und hat zu allen Zeiten Veranlassung zu den abenteuerlichsten Ansichten über seine Bedeutung für das Pflanzenleben gegeben, daher nicht minder zu den hartnäckigsten Streitereien und Kämpfen, besonders deswegen, weil man ihm trotz seiner geringen Verbreitung im Pflanzenreich eine wichtige Bedeutung beilegen wollte.

Man verglich die Milchsaftgefässe mit den Blutgefässen der Thiere und glaubte sie in ähnlicher Weise, wie die Adern, verästelt. Nach Andern sollen sie in der Jugend ungegliedert sein, im spätern Alter aus verzweigten Röhren bestehen, während wieder Andere die Existenz eigner Milchsaftgefässe ganz und gar bestritten und annahmen, der Milchsaft finde sich nur in den Interzellulargängen, in die er von den Zellen ausgeschieden werde. Dann sollte er sich wieder in einem zusammenhängenden System runder Schläuche bewegen, die keinerlei Querscheidewand besitzen; die Vertheilung dieser Gefässe sollte sich nach der Vertheilung der Holze und Gefässbündel richten. So viel scheint für jetzt fest zu stehen, dass der Milchsaft einzig und allein ein Erzeugniss der Bastzellen ist und sich in ihnen befindet; möglich ist es, nur schwer zu beweisen, dass er sich auch in den Interzellulargängen findet.

Wie man in frühern Zeiten ein eignes Gefässsystem für für den Milchsaft hatte, so musste er auch einen Kreislauf besitzen; und während man auf der einen Seite als bewegende Kraft die Wärme betrachtete, suchte man auf der andern Seite die Ursache des Kreislaufes in der Wechselwirkung der einzelnen Massentheilchen gegen die Gefässwände. Statt aber die Ursache des Kreislaufes zu erforschen, hätte man besser gethan, nachzuweisen, dass ein solcher stattfindet. Wenn man Theile von Milchsaft führenden Pflanzen unter dem Vergrösserungsglase betrachtet, so nimmt man allerdings eine Bewegung des Saftes wahr, da ja der Saft an der offenen Stelle ausströmen kann; drückt man gar etwas auf die untersuchte Pflanze, so strömt der Saft nach allen Richtungen. Betrachtet man dagegen unverletzte Pflanzen und vermeidet irgend einen Druck auf einen Theil derselben auszuüben, so ist es unmöglich, eine Strömung zu sehen, wenn man sie nicht gerade sehen will; bei mikroskopischen Untersuchungen ist aber Nichts gefährlicher und veranlasst Nichts leichter optische Täuschungen, als vorgefasste Meinungen, wie denn überhaupt Vorurtheile in den Naturwissenschaften vom allergrössten Nachtheil sind.

So war es denn auch erklärlich, dass man den Milchsaft als die wahre Pflanzennahrung, als das Blut der Pflanzen betrachtete, während es als ächte Ausscheidung, sogar als Gift für das Pflanzenleben angesehen werden muss.

Die Milchsäfte der Pflanzen sind in neuerer Zeit von der grössten Bedeutung für Handel und Industrie geworden, und einige derselben dienen schon lange gewissen Stämmen als ein gesundes und gesuchtes Nahrungsmittel.

Je nach den Stoffen, die sich in den Milchsäften finden, sind sie sehr verschiedener Art, und diese Verschiedenheit ist in der Regel durch verschiedene Pflanzenfamilien bedingt, obgleich jene Familien nach äussern Kennzeichen von den Pflanzenkennern gebildet sind. Bei den wolfsmilchartigen Pflanzen *(Euphorbiaceen)* und den Mohnpflanzen *(Papaveraceen)* sind der Hauptbestandtheil des Milchsaftes Harze und

Gummi; ausserdem enthält er Wachs, etwas Kautschuk und Stärke, bei den letztern noch Opium. Der Milchsaft der feigenartigen Pflanzen *(Ficoideen)*, der Wachsblumen *(Asclepiacdeen)* und der *Apocyneen* enthält besonders Kautschuk und Viscin. Im Milchsaft des Kuhbaumes *(Galactodendron utile* und *Carica Papaya)* ist hauptsächlich Pflanzeneiweiss und Wachs enthalten; ausserdem sind Zucker und Magnesiasalz in dieser Milch gefunden, und nach A. v. Humboldt sind jene beiden Bäume für die Ernährung der Menschen von der grössten Wichtigkeit, da ihre Mich die unsrerer Hausthiere vollkommen ersetzt.

Ausser dem Milchsafte werden von den Pflanzen noch Gummi, Harze, ätherische und fette Oele, in den Drüsen der Nesselpflanzen *(Urticeen)* ätzende Säfte, auf den Blättern, Früchten und in den Honiggefässen vieler Pflanzen Zucker, bei *Nepenthes* und *Saracenia* Wasser, bei andern Farbstoffe der verschiedensten Art und ähnliche Substanzen ausgeschieden; doch sind wir über die Entstehungsart aller dieser Dinge noch gar wenig unterrichtet, und viele bilden sich erst, wenn wir Pflanzentheile mit chemischen Mitteln behandeln. Ob das Blattgrün auch als eine Ausscheidung zu betrachten ist, oder ob dasselbe wieder in Pflanzennahrung umgewandelt werden kann, wie dies beim Zucker, dem Stärkemehl und den Proteïnstoffen der Fall ist, ist uns zur Zeit noch unbekannt.

Bevor wir uns zu dem folgenden Gegenstande unserer Betrachtung wenden, muss hier noch ein weit verbreiteter Irrthum erwähnt und so viel an uns ist, berichtigt werden.

Man hatte die Beobachtung gemacht, dass an den Würzelchen der Pflanzen, wenn man sie aus der Erde zog, etwas vom Erdreich hängen blieb; auch bemerkte man an den Wurzelenden einer im Wasser gezogenen Pflanze eine braune Substanz. Daraus glaubte man den Schluss ziehen zu müssen, dass die Pflanzen auf ähnliche Weise durch die Wurzeln, wie die Thiere durch die betreffenden Organe, Exkremente ausscheiden. Man stützte diesen Schluss noch durch die be-

kannte Erfahrung, dass Buchweizen und Ackersperk wie viele andere Pflanzen nicht neben einander fortkommen, indem man eine Erklärung für diese Erscheinung darin zu finden glaubte, dass die eine jener Pflanzen die Exkremente der andern nicht vertragen könne. Besonders gestützt erschien diese Annahme der Ausscheidung durch die Wurzeln, als man fand, dass aus der Erde gezogene Pflanzen, mit ihren Wurzeln in Wasser gesetzt, das Wasser mit Pflanzensäften verunreinigten.

Da aber weder in den Wurzeln irgend welche Oeffnungen, durch die eine derartige Ausscheidung, wie bei den Thieren, stattfinden könnte, vorhanden sind, noch bei dem Herausziehen der Wurzeln aus der Erde eine Verletzung derselben zu vermeiden ist, also ein Austreten des Saftes nothwendige Folge, so ist an eine der thierischen ähnliche Ausscheidung gar nicht zu denken; zum Ueberfluss ist noch durch sorgfältig angestellte Versuche nachgewiesen, dass man keine durch die Wurzeln ausgeschiedenen Stoffe finden kann. Wahrscheinlicher ist eine Ausscheidung auch durch die Wurzelzellen, wie bei allen übrigen, in Folge des endosmotischen Vorganges, wodurch die Säfte aus dem Boden in den Pflanzen aufsteigen; doch sind die auf diese Weise ausgeschiedenen Stoffe in Rücksicht ihrer Menge so unbedeutend, dass sie kaum je werden nachgewiesen werden können.

2) Die Transpiration oder Ausscheidung gasförmiger Stoffe.

Schon früh hatte man bemerkt, dass die Pflanzen während ihrer Lebenszeit Wasserdämpfe aushauchen, aber erst Stephan Hales stellte in der Mitte des vorigen Jahrhunderts eine Reihe zusammenhängender Versuche an, welche jene Beobachtung nicht nur bewiesen, sondern welche auch die Menge der Verdunstung feststellten. Eine Sonnenblume, *Helianthus annua*, von 3½ Fuss Höhe, hauchte in zwölf Tagesstunden 1 Pfund 4 Unzen Wasser aus; nimmt man an, dass auf einem Morgen Landes 10000 solcher Pflanzen stehen können,

so werden von ihnen während ihres Wachthums 1,500000 Pfund Wasser verdunstet. Ein Kohlkopf gab in einem Tage 1 Pfund 3 Unzen und eine Orange in derselben Zeit nur 6 bis 9 Unzen. Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dass der Wasserverbrauch bei Pflanzen mit immer grünen Blättern weit geringer ist, als bei solchen mit abfallendem Laube; dies findet seine Erklärung darin, dass letztere viel schneller wachsen, die Aufnahme also weit grösser sein muss; mit der Einnahme steigt aber natürlich auch die Ausgabe.

Bei weitern Beobachtungen, die Hales mit einer Banane anstellte, ergab sich, dass die Transpiration Vormittags bedeutend grösser sei, als Nachmittags; Nachts wurde fast gar nichts ausgehaucht. Aber nicht blos zu verschiedenen Tageszeiten, sondern auch in den verschiedenen Jahreszeiten ist die Transpiration eine verschiedene; sie ist abhängig von der Spannung und der Bewegung der Luft, von der Wärme und von dem Lichte. Bei einem Schneeball mit immer grünen Blättern, *Viburnum Tinus*, betrug die Menge des verdunsteten Wassers in zwei Wintermonaten nicht mehr, als in zwei Tagen des Sommers.

Das ausgehauchte Wasser ist weder durch den Geruch, noch durch den Geschmack von reinem Wasser zu unterscheiden, aber es soll schneller faulen, als jenes; bei der chemischen Untersuchung will man einen Rückstand darin gefunden haben. Da wir wissen, dass bei der heftigen Verdunstung einer Flüssigkeit leicht etwas von dem darin gelösten Stoffe, wenn er auch an sich nicht leicht flüchtig ist, mit verflüchtigt wird, so hat jene Annahme nichts Unwahrscheinliches.

Wenn man aber daraus, dass das ausgehauchte Wasser nicht vollkommen rein ist, den Schluss ziehen zu können glaubt, dass die Ausdünstung ein wirklicher Lebensprozess sei, bei dem die Pflanze handelnd auftrete, so ist dieser Schluss mindestens voreilig.

Wir halten die Aushauchung von Wasser für eine rein physikalische Erscheinung, bei der sich die Pflanze durchaus

leidend verhält, und meinen, zu einer solchen Ansicht um so mehr berechtigt zu sein, weil die Erscheinung ganz verschwindet, wenn die umgebende Luft vollkommen mit Wasserdünsten gesättigt ist, oder wenn die Temperatur erniedrigt wird. Man hat zwar angegeben, Pflanzen, deren Blätter mit Oel oder Firniss bestrichen seien, stürben bald; dies beweist uns jedoch weiter Nichts, als dass jene wasserdichte Schicht die Verdunstung des in der Pflanze überflüssigen Wassers verhindert; dadurch bleiben die Säfte so verdünnt, dass nicht neue Flüssigkeitsmengen, worin die Nahrungsstoffe gelöst sind, aufgenommen werden können; wenn aber die Ernährung aufhört, hört selbstverständlich das Leben auf.

Fragen wir noch nach den Wegen, auf welchen die Wasserdämpfe aus dem Innern der Pflanze in die Luft gelangen, so bleibt eigentlich keine andere Annahme übrig, als dass dies durch die Spaltöffnungen geschieht; dafür spricht nicht nur der Umstand, dass mit Spaltöffnungen versehene Blätter und Rinden mehr Wasser aushauchen, als solche ohne derartige Poren, sondern auch die Erfahrung, dass Weinblätter nur auf der Unterseite Wasser verdunsten, wo sich allein, wie die mikroskopische Untersuchung ergeben hat, Spaltöffnungen befinden. Zwar wird dagegen angeführt, dass ja auch Pflanzen ohne Spaltöffnungen, wie die fleischigen Pilze, grosse Wassermengen aushauchten; dieser Widerspruch lässt sich aber dadurch heben, dass die genannten Pflanzen eine ausserordentlich dünne Oberhaut haben, daher der Spaltöffnungen wohl nicht bedürfen. Der Mangel vieler Spaltöffnungen ist es gerade, der da bewirkt, dass Fettpflanzen ohne Nachtheil eine anhaltende Dürre ertragen können, da bei ihnen wenig Wasser verdunsten kann; dafür spricht auch das bekannte langsame Wachsthum dieser Pflanzenarten.

Anders stellt sich die Frage bei solchen Pflanzen, die unter Wasser leben; sie haben gar keine Oberhaut, daher auch keine Spaltöffnungen; das überflüssige Wasser muss auch bei ihnen ausgeschieden werden, jedenfalls aber auf eine andere Art; nur haben wir bis jetzt noch keine Vorstellung

von diesem Vorgange, um so weniger, als eine Untersuchung fast unmöglich ist, da man sie nicht unter Wasser anstellen kann. Es wäre aber fehlerhaft, wollte man von Landpflanzen, die unter ganz andern Bedingungen leben, auf die Wasserpflanzen schliessen.

Wichtig für die Erklärung des Ernährungsprozesses ist endlich noch das Verhältniss, in welchem die Menge des aufgenommenen Wassers zu der des ausgehauchten steht. Wäre es möglich, hier genaue Resultate zu erlangen, so liessen sich wahrscheinlich sehr wichtige Rückschlüsse auf die chemischen Vorgänge im Innern der Pflanze ziehen, und die Frage über die Verarbeitung der Nahrungsstoffe würde um ein Bedeutendes ihrer Lösung näher geführt werden. Leider ist die Anstellung darauf bezüglicher Versuche mit zur Zeit noch unüberwindlichen Schwierigkeiten verknüpft, und alle Werthe, die man bis jetzt erhalten, sind nur näherungsweise wahr. So will Woodword gefunden haben, dass die Pflanzen höchstens 100—200 mal, und wenigstens 46—56 mal so viel Wasser aushauchen, als sie wirklich zu ihrer Ernährung gebrauchen, also unmittelbar mit andern Stoffen in organische Verbindungen überführen.

Bei der Münze, *Mentha*, hat man gefunden, dass sich die Menge des aufgenommenen Wassers zum verdunsteten wie 3 zu 2, an sehr heissen Tagen wie 15 zu 13 verhielt. Am wenigsten wurde verhältnissmässig von einer Sonnenblume verdunstet, da von 14 Theilen Wasser, welche die Pflanze aufnahm, nur drei Theile verdunsteten.

Vergleicht man die letzte Angabe mit den übrigen, so giebt sie zu gerechtfertigtem Bedenken gegen ihre Richtigkeit Veranlassung, indem dann täglich über 1 Pfund Wasser von einer Sonnenblume in organische Substanz verwandelt werden müsste; eine solche Annahme widerstreitet aber allen Erfahrungen, die wir über die Massenzunahme der Pflanzen in einer gegebenen Zeit besitzen.

3) Die Respiration.

Wie man bei allen Erscheinungen, welche das Pflanzenleben darbietet, versucht ist, sie mit den bekannten Vorgängen im thierischen Leben zu vergleichen, so hat man es auch mit der Respiration gethan, obgleich hier wie in allen übrigen Fragen der Ernährung derartige Vergleichungen eher nachtheilig auf das Resultat der Forschungen gewirkt haben, als vortheilhaft. Wir müssen gleich von vornherein erklären, dass wir nur Einzelheiten, nichts Zusammenhängendes kennen.

Pristley machte zuerst die Entdeckung, dass grüne Blätter unter Wasser gebracht bei der Einwirkung des Sonnenlichts eine Gasart aushauchen; diese Gasart war der Sauerstoff. Die Entdeckung wurde nicht nur bald bestätigt, sondern zugleich in der Art vervollständigt, dass man fand, wie in der Dunkelheit die sogenannte fixe Luft oder die Kohlensäure ausgehaucht würde. Saussure hat gefunden, dass bei einer Aufnahme von drei Theilen Kohlensäure zwei Theile Sauerstoff ausgeathmet werden, und dass die Menge der in der Dunkelheit entlassenen Kohlensäure nur sehr gering ist. Der keimende Same nimmt Sauerstoff auf, und Kohlensäure wird entbunden; Aehnliches findet bei der Entwickelung der Staubfäden und beim Nachreifen der Früchte statt.

Fast alle Pflanzentheile scheinen sehr wenig Stickstoff aufzunehmen und auszuathmen. So hat Boussingault durch eine dreimonatliche Beobachtung eines Kleefeldes die Erfahrung gemacht, dass aus der umgebenden Luft eine bedeutende Menge Stickstoff eingeathmet wurde. Ebenso weiss man mit Bestimmtheit, dass die Blüthen Stickstoff ausathmen.

Pilze sollen nach A. von Humboldt's Beobachtungen Wasserstoff an die Luft abgeben.

In welcher Art ist nun aber eine Respiration bei den Pflanzen denkbar?

Flüssigkeiten nehmen von Gasen eine bestimmte Menge auf, indem sich die Gase in der Flüssigkeit lösen; die Menge

ist abhängig von der Art des Gases, von der Temperatur der Flüssigkeit und von dem Druck, unter dem dieselbe steht; verändert sich die Temperatur oder der Druck, oder endlich beides, so wird von dem Gase, wenn es vorhanden, noch mehr aufgenommen, oder aber, bei Erhöhung der Temperatur und bei Verminderung des Druckes, ein Theil der gelösten Gase steigt in Bläschen aus der Flüssigkeit auf. Tritt eine neue Gasart zur Flüssigkeit, so wird auch davon aufgenommen, dafür entweicht aber ein Theil des gelösten Gases.

So nimmt Wasser von Null Grad und unter einem Druck von einer Atmosphäre 65 Tausendtheile seines Volumens Sauerstoff, 106 Tausendtheile Kohlensäure und 42 Tausendtheile Stickstoff auf; es ergiebt sich zugleich aus diesen Zahlen, dass die Kohlensäure am leichtesten im Wasser löslich ist.

Alle festen Körper, besonders aber poröse, verdichten an ihrer Oberfläche Gase; am meisten kommt diese Eigenschaft dem Platinschwamm und der Kohle zu.

In den Zellen der Pflanzen finden ununterbrochen chemische Prozesse statt, bei denen offenbar auch Gase ausgeschieden werden. Ist die Flüssigkeit, die sich in den Zellen befindet, vollkommen mit Gasen gesättigt, so müssen sie durch die Zellwand, die mit der Flüssigkeit getränkt ist, sich daher gerade so, wie die Oberfläche derselben verhält, entweichen; dies geschieht in die Spiralgefässe und in die Interzellulargänge, die in Folge dessen jederzeit, wie wir oben sahen, mit Luft gefüllt sind. Mit den Wasserdämpfen zugleich entweichen die Gase durch die Spaltöffnungen in die atmosphärische Luft; denn bestreicht man ein Blatt mit einem luftdichten Firniss, so entwickelt es auch im hellsten Sonnenlicht unter Wasser keine Luftblasen; die Spaltöffnungen sind nun verstopft.

Ueberblicken wir noch einmal die Ergebnisse, welche man bis jetzt gewonnen hat, die Vorstellungen, welche man sich

von der Ernährung der Pflanzen nach diesen Ergebnissen machen kann, so ergiebt sich, dass bei weitem das Meiste noch zu thun, bei weitem die wichtigsten Fragen auch nur der annähernden Lösung noch harren. Trotz dieser Erkenntniss kann aber nicht geläugnet werden, dass doch ein hübsches Stück Arbeit gethan, und dass der Weg gezeigt, auf dem man weiter zu gehen hat, um dem Ziele näher zu kommen. Wir haben absichtlich die Umwege und Irrwege angegeben, um zu zeigen, wie trotzdem der menschliche Geist sich immer wieder zurückfindet; um aber auch zu beweisen, wie in unserer viel geschmähten Zeit doch das Meiste geschehen ist zur Erklärung der Pflanzenernährung, wie es auch in vielen andern Fragen der Fall ist.

Für denjenigen, dem die Wissenschaft an sich keine Freude bereitet, der in allen Dingen fragt: Was nutzt es, was bringt es ein? wollen wir noch auf die praktischen Folgen in der Kürze aufmerksam machen.

Noch vor fünfzig Jahren war an keine naturgemässe Bewirthschaftung des Bodens zu denken; der Sohn bebauete sein Feld, wie der Vater es gethan hatte, und dieser hatte es getrieben wie der Urahn. Allerhand abergläubische Ansichten hatten tief Wurzel gefasst, das Vernünftige und Richtige, das in vielen Bauernregeln enthalten und das die Erfahrung gelehrt hatte, suchte man auf geheimnissvolle Ursachen zurückzuführen. Durch eine theilweise Kenntniss der Lebensbedingungen der Pflanze, wie wir sie in diesem Jahrhundert erlangt haben, ist endlich die Dreifelderwirthschaft und Brachwirthschaft in fast allen gebildeten Ländern verschwunden, und die Wechselwirthschaft an ihre Stelle getreten; dadurch ist aber die Ertragsfähigkeit des Bodens erhöht, und dasselbe Stück Land ist jetzt im Stande, mehr Menschen zu ernähren als ehedem. Das Gespenst der Uebervölkerung Europa's ist auf lange verdrängt, indem man weiss, dass schon bei dem jetzigen Stande der Kenntnisse Europa noch viel mehr Menschen zu nähren vermag, als jetzt darin wohnen.

Bleibt die Untersuchung auf dem eingeschlagenen Wege, nur aus Thatsachen und Versuchen Schlüsse zu ziehen, so berechtigt sie zu den schönsten Hoffnungen. Zwar sind auch jetzt schon viele systematische Ackerbaulehren erschienen und sind verunglückte Versuche geblieben, weil man sich zu weit wagte; dennoch sind sie nicht ganz ohne Erfolg gewesen, die Landwirthe zu Versuchen im Grossen anzuspornen, und sie haben so mittelbar zur Erweiterung der Wissenschaft beigetragen.

In einer zweiten Abtheilung wollen wir uns mit der Anwendung der bisher gewonnenen Kenntnisse auf die Landwirthschaft beschäftigen und versuchen, sie zu einem allgemeinern Versändniss zu bringen.

Hauptsächlich sollen uns die Entstehung des Ackerbodens, seine Bestandtheile und die Mittel für seine Verbesserung beschäftigen.

Zweite Abtheilung.

Der Ackerbau.

Erstes Kapitel.

Die Erde und die Atmosphäre.

---

1) Von der Erde.

Als die nothwendigen Bedingungen des Pflanzenlebens haben wir die Erde und die sie umgebende Luft kennen gelernt; die Erde als den Träger, in welchem die Pflanzen wurzeln, die Luft, indem sie den Pflanzen die Hauptbestandtheile der Nahrung, Kohlensäure und Wasser zuführt. Wollen wir uns daher mit den Hauptaufgaben der Landwirthschaft beschäftigen, so müssen wir zunächst die Erde und die Atmosphäre in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen.

Keine menschliche Wissenschaft ist im Stande, mit unbedingter Gewissheit zu sagen, wie und wann die Erde entstanden sei; nur so viel wissen wir bestimmt, dass sie weit älter ist, als das Menschengeschlecht. Zahlreiche Beobachtungen und Vergleiche gestatten uns jedoch, eine möglichst wahrscheinliche Entstehungsgeschichte der Erde zu entwerfen. Alle Verhältnisse sprechen für eine Lehre, wie sie der Mathematiker Laplace aufstellte aus der Beobachtung nebliger Massen mit einem leuchtenden Kern im Innern, welche man

noch mit keinem Fernrohr als einzelne Himmelskörper zu erkennen vermocht hat, die an vielen Stellen den Weltenraum erfüllt; Herschel hat diese Lehre weiter ausgebildet.

Unser Sonnensystem bestand nach dieser Lehre ursprünglich aus einer Dunstmasse, die sich mindestens so weit im Weltenraum erstreckte, wie gegenwärtig der entfernteste Planet, den wir kennen, der Neptun; diese ganze Masse befand sich in Folge einer Ursache in einer drehenden Bewegung von West nach Ost. In dem ungeheuren Dunstmeere schied sich zuerst die Sonne als Mittelpunkt der Umdrehung und als grösste Masse aus; denn sie hat 800 mal so viel Masse, als alle bis jetzt bekannten Planeten zusammengenommen haben. Indem dieser Nebel sich fort und fort weiter abkühlte, bildeten sich um die Sonne konzentrische Ringe, die bei weiterer und an verschiedenen Punkten ungleicher Abkühlung zersprangen. Die Bruchstücke gestalteten sich in Folge der Schwerkraft zu kugelförmigen Massen, den Planeten; auch um die Planeten bildeten sich Ringe, die theils blieben, wie beim Saturn, theils sich zu Monden zusammenballten.

Wenn man Gase heftig zusammenpresst, so wird Wärme frei. Als sich jene dunstförmigen Massen zusammengezogen, wurde so viel Wärme entbunden, dass anfangs alle diese Körper sich im feurig-flüssigen Zustande befanden. Dass die Erde einst eine feurig-flüssige Masse gewesen sein muss, ist unzweifelhaft, mag die so eben gegebene Erklärung der Entstehung des Sonnensystems und mit demselben der Erde unrichtig sein oder nicht. In dieser feurig-flüssigen Masse ordneten sich die einzelnen Bestandtheile sowohl nach dem Gesetz der chemischen Anziehung, als auch nach dem der Schwere, so dass die leichtern Körper sich an der Oberfläche befanden. Bei der Erstarrung der äussern Schicht, wie sie bei weiterer Abkühlung eintreten musste, bildeten sich die einzelnen Mineralien theils als glasige Masse, theils in krystallinischer Form, wie wir es noch heute bei den Lavamassen der Vulkane beobachten können. Dagegen enthielt die Luft immer noch alle diejenigen Stoffe, welche bei der herrschenden

Temperatur der Erdoberfläche Gasform behielten; im Anfange dieses Zustandes hatten noch alles Wasser und selbst die Alkalien Dampfgestalt, und erst nach und nach konnte es sich auf der weiter abgekühlten Erdoberfläche in tropfbar-flüssiger Form niederschlagen.

In Folge einer solchen Entstehung konnte die Erde nur eine glasige und krystallinische Oberfläche haben; jede Trennung der Stoffe in kleinere Theile fehlte. Wenn aber geschmolzene Substanzen erstarren, aus dem feurig-flüssigen Zustand in den festen übergehen, so ziehen sie sich zusammen und bekommen um so mehr Risse und Sprünge, je ungleichartiger die einzelnen Substanzen sind. So erging es der Erdoberfläche; die feste, starre Rinde drückte auf den flüssigen Kern, und die breiartige, glühende Masse drang durch Risse und Sprünge an die Oberfläche, wodurch die ersten Gebirge entstanden; je dicker die Rinde schon geworden war, um so gewaltiger wurde der Druck, um so höher wurden die Gebirge, so dass die höchsten derselben auch die jüngsten, d. h. die am spätestenen entstandenen sind.

Aber nicht allein die Gebirge verdanken dieser Zusammenziehung ihre Entstehung; das gewaltsame Hervorbrechen der feurig-flüssigen Masse zerriss und zerbarst die Rinde nach tausend Richtungen; es entstand Trümmergestein, in allerdings immer noch mehr oder minder grossen Felsblöcken. Als sich endlich die Wasserdämpfe auf der Erde niederschlugen und in den niedern Theilen der Oberfläche ansammelten, drang das Wasser durch Risse und Spalten in das Innere der Erde, traf auf die glühenden Massen und gab so zu den gewaltsamsten Erschütterungen Veranlassung, wodurch die Theile der festen Erdrinde zertrümmert und weit umhergeschleudert wurden. Die in Folge der Erschütterungen heftig bewegten Gewässer zerkleinerten und zerbröckelten diese Trümmer noch mehr und führten sie nach allen Richtungen fort; die grössern Stücke und schwereren Massen senkten sich zuerst auf den

Boden der Wässer, die leichtern später. Indem sich diese Ereignisse oft wiederholten, entstanden auf dem Boden der Meere Schichten von Schutt und Schlamm, die um so mächtiger wurden, je länger die Bedingungen zu ihrer Bildung andauerten.

Durch die ungleiche Zusammenziehung des Innern und der Rinde blieb aber die Erde beständigen Zuckungen unterworfen, und noch heute beweisen uns die Erdbeben, dass dieselben ihre Endschaft bisher nicht erreicht haben; der frühere Meeresboden wurde an die Oberfläche gehoben, das frühere Festland senkte sich unter die Oberfläche des Wassers. Auf der trocken gelegten Erde fand sich nun geschichtetes Gestein, das, im Allgemeinen einer bei weitem leichtern Zerkleinerung unterworfen, später den Boden für die Pflanzendecke lieferte. Die Zertrümmerungen, die Hebungen und Senkungen, die Ablagerung der verschiedenartigsten Stoffe im ewig wechselnden Zustande der Zerkleinerung, dies Alles wiederholte sich im Laufe der Jahrtausende immer wieder und wieder, und so wurde die Erde zu dem heran gebildet, was sie gegenwärtig ist; doch währt ihre Umbildung noch immer fort, wenn auch weniger merklich.

Aber nicht allein auf so gewaltsame Weise wurde der Boden bereitet, in welchem später die Pflanzen wurzeln sollten; viel weniger heftig auftretende, aber desto dauernder wirkende Kräfte veränderten nach und nach das Gefüge der Erdrinde. Durch die Anziehungskraft des Mondes und der Sonne, vereint mit der täglichen Drehung der Erde um ihre Achse, werden die offenen Meere in ewiger Bewegung erhalten. Der beständige Wechsel von Ebbe und Flut und die dadurch hervorgerufene Brandung wäscht und wühlt im Gestein der Küsten, zertrümmert es und häuft das weggeführte Material an andern Sellen auf. Wie bedeutend diese Wirkungen sind, beweist die Insel Helgoland, welche der Gefahr ausgesetzt ist, bald ganz weggespült zu werden.

Mehr noch als die gewaltsame Arbeit der Meere ist die chemische Wirkung der Luft und des Wassers wirksam; ihr

vermag auch das härteste Gestein nicht zu widerstehen. Durch die Verwitterung, so nennt man diese Art der Zertrümmerung, wird die Oberfläche der Mineralien angefressen; die Tagewässer spülen die Erdschicht fort und bieten der Wirkung der Luft immer frische Flächen dar. Je kohlensäurereicher die Luft, je mehr Wasserdampf in derselben enthalten, desto wirksamer arbeitet die Verwitterung an den Gesteinen, die sowohl nach ihrem mehanischen Gefüge, als nach ihrer chemischen Zusammensetzung verschieden leicht zerfallen. Je grobkörniger ein Gestein ist, je mehr lösliche Verbindungen es enthält, desto leichter unterliegt es der Vewitterung. In frühern Epochen der Erdgeschichte, als die Luft noch reicher an Kohlensäure und von höherer Wärme war, musste die Verwitterung ungleich schneller stattfinden. Gegenwärtig wird sie besonders durch den Wechsel der Temperatur und durch die Vegetation unterstützt; bei einer Temperatur unter dem Gefrierpunkt erstarrt das in die feinen Spalten und Risse eingedrungene Wasser, dehnt sich aus und sprengt seine Hülle; niedere Pflanzen, Algen und Flechten, siedeln sich auf dem Felsen an, dessen Verwitterung kaum begonnen; sie dringen in die feinen Risse und drängen gewaltsam das Gestein auseinander.

Endlich dürfen wir die Gletscher nicht unerwähnt lassen und die Wirkung, welche sie auf die Zerstörung der Felsen ausüben. Indem der Fuss derselben beständig fortschmilzt, sinkt die ganze gewaltige Eis- und Schneemasse langsam nach, während am obern Theile sich immer neue Mengen aufthürmen. Durch diese fortschreitende Bewegung wird das darunter liegende Gestein zertrümmert und zerrieben, die Trümmer und der Schlamm werden aber von dem Wasser fortgeführt; daher findet sich in einiger Entfernung von dem Fusse eines jeden Gletschers ein Kranz von Felstrümmern, deren Grösse mit der Entfernung vom Gletscher abnimmt. Wo, wie in hohen Breiten, sich die Gletscher bis in das Meer erstrecken, werden die Felsentrümmer auf dem Boden des Meeres ausgestreut.

Bei spätern Hebungen des Meeresbodens findet man alsdann Gesteinsmassen, deren Ursprung von keinem der benachbarten Gebirge abzuleiten ist. Solche Findlingsblöcke von Granit sind durch die ganze norddeutsche Ebene verbreitet; dieser Granit ist ganz verschieden von dem des Harzes und der Sudeten, stimmt aber vollkommen mit dem der schwedischen Gebirge überein. Es ist kaum zweifelhaft, dass jene Gesteine aus Schweden mit Eisblöcken hierher geschwemmt wurden, als Norddeutschland noch Meeresboden war. Unter Anderm ist die grosse Vase vor dem Museum zu Berlin aus einem solchen Findling angefertigt.

Ohne Zweifel gab es eine Zeit, da die Temperatur der Erde noch jedes Thier- und Pflanzenleben unmöglich machte und da die Oberfläche derselben Nichts darbot, als nacktes, theils zertrümmertes Gestein. Als aber die Wärme allmälig gesunken war, da entstanden die ersten Pflanzen und in ihrem Gefolge die ersten Thiere, und zwar zunächst die niedrigsten Formen derselben, wie uns die in den verschiedenen Schichten der Erde aufbewahrten Reste lehren; von Pflanzen waren es besonders Schachtelhalme, Farrenkräuter und gewisse Palmenarten.

Die Pflanzen nahmen die Kohlensäure und das Ammoniak auf, verwandelten beides in organische Materie, die theils den Thieren zur Nahrung diente, theils sich dem Boden beimischte, so dass nach und nach eine Schicht von Dammerde entstand, worin höher organisirte Pflanzen wurzeln konnten. Wo aber unter dem Spiegel des Wassers, das den Zutritt der Luft und dadurch eine vollständige Verwesung verhinderte, ein Pflanzengeschlecht über dem andern aufgehäuft wurde, lagerten sich gewaltige Massen von Kohlenstoffe, in Folge unvollkommener Zersetzung, als Steinkohlen und Braunkohlen ab, eine Quelle grossen Reichthums für künftige Geschlechter.

Wie also auf der einen Seite durch die Zertrümmerung der Gesteine die erdigen Bestandtheile des Ackerbodens entstanden, so bildeten sich durch die Zersetzung organischer Körper, besonders der Pflanzen, welche die in der Atmosphäre

damals in ungeheurer Menge enthaltene Kohlensäure sich aneigneten, die sogenannten Humusbestandtheile desselben.

Alle bisher betrachteten Erscheinungen und deren Wirkungen dauern noch heute fort, wenn auch in verändertem Massstabe. Die Flüsse führen die durch Verwitterung und Frost losgelösten Felstrümmer mit sich fort; durch die Reibung derselben im Flussbett und durch den Sturz der Gewässer wird dieses mehr und mehr vertieft. Mit der Schnelligkeit des Stromes steigt die Menge der fortgeführten Substanzen; in der Ebene, wo der Lauf sich verlangsamt, fallen zunächst die grössern Trümmer zu Boden, bis endlich auch die feinen Schlammtheile nicht mehr getragen werden können; darum hat der brausende Gebirgsstrom ein steiniges, der langsam durch die Erde dahinschleichende Fluss ein schlammiges Bett. Tritt der Fluss endlich ins Meer, so wird sein Lauf gehemmt, er lässt die letzten Reste des mitgeführten Erdreichs fallen und bildet vor seiner Mündung die sogenannten Delta's. So wird durch den Nil, der im Juli über die Ufer tritt, ganz Niederägypten überschwemmt; er lässt dabei eine Schlammschicht zurück, welche das Thal messbar erhöht, so dass Denkmäler früherer Jahrtausende tief verschüttet sind; seine Mündung rückt durch das von ihm gebildete Vorland immer weiter ins Meer hinaus, und Alexandrien hat mehr durch diese Naturthätigkeit, als durch politische Verhältnisse seine Bedeutung für den Welthandel verloren. Weit bedeutender noch zeigt sich die Bildung eines solchen Vorlandes an den Mündungen des Ganges, am Atrato in Centralamerika und am Missisippi; meilenweit von der Mündung des Missisippi ist das Land ein solches Sumpfland, entstanden durch die ungeheuren Massen von Schutt und Schlamm, welche der Missisippi mit seinen grossen Nebenströmen dem Meere zuwälzt.

Aus diesem allmäligen Vorrücken der Mündungen grosser Ströme, sowie aus dem periodischen Steigen und Fallen der Flüsse erklärt es sich, wie sich an derselben Stelle Erdschichten verschiedener Art übereinander bilden können. Lehm und Thon erhalten sich am längsten im Wasser schwebend,

Sand fällt früher und zwar um so zeitiger, je grobkörniger er ist. Rückt die Mündung eines Flusses vor, so wird sich da, wo sich früher Thon, dann der Kalk zu Boden senkte, nun zunächst der feine, rückt sie noch mehr hinaus, der grobe Sand ablagern. Im Frühjahr, wenn die Schnee- und Eismassen des obern Laufes aufthauen und mit ihren Wässern den Strom verstärken, werden die Erdmassen weiter ins Meer hinausgeführt, als im Sommer, wo der Lauf träger ist; daher die Uebereinanderlagerung verschiedener Substanzen.

Während in frühern Zeiten die Pflanzen ungeheure Kohlenlager bildeten, geben sie jetzt Veranlassung zur Entstehung von Torfmooren, Brüchen und Wiesen, deren Aufbau wir hier in der Kürze betrachten wollen.

In ebenen Gegenden, wie im nördlichen Deutschland, sammeln sich auf dem thonigen Boden, der das Wasser nicht durchlässt, zunächst Tümpel an. Bald bedecken sie sich mit Pflanzen, unter denen besonders zwei Moose, *Sphagnum* und *Hypnum*, eine wichtige Rolle spielen. Diese haben nämlich die Eigenschaft, Wasserdampf aus der Luft in grossen Mengen zu verdichten, wodurch die von ihnen bedeckten Landstrecken stets nass erhalten werden; ausserdem wachsen aus den obern Theilen der unten abgestorbenen Moose diese immer lustig weiter, neue Wurzeln und Stengel treibend, so dass die Moore sich immer mehr erhöhen. Dadurch wird die Gestaltung der Erdoberfläche nicht unbedeutend verändert. An den gegenüberstehenden Rändern des grossen Torfmoores von les Ponts im Kanton Neuenburg liegen Dörfer, auf kahlen Kalkhügeln erbaut; durch historische Dokumente ist es festgestellt, dass man im Mittelalter von dem einen Dorfe das andere sehen konnte; jetzt sind sie nicht mehr einander sichtbar, der dazwischen liegende Torfmoor verdeckt sie. Ohne Zweifel hat sich der Torfmoor zwischen beiden Dörfern erhoben; da aber die Torfmoose nur bei Gegenwart von reichlichem Wasser gedeihen, so ist dies nur möglich gewesen, indem die Moose hinreichend Wasser aus der Luft verdichteten und festhielten.

So erklärt es sich auch, wie Torfmoore ganze Strecken Landes überwuchern können, wo früher kein Torf vorhanden war.

Die abgestorbenen Schichten des Torfmooses verwandeln sich allmälig unter dem Einfluss des Wassers und des Druckes der obern Schichten in humusartige Substanzen und bilden so den eigentlichen Torf. Endlich bildet er nur noch eine schwärzliche, dichte Masse, in der selten pflanzliche Reste zu erkennen sind.

Die Torfmoore finden sich nur in den nördlichen Theilen der gemässigten Zone, weil die sie bildenden Pflanzen nicht überall vorkommen; die Ebenen sind besonders zu ihrer Bildung geeignet, in Gebirgen nur solche Senkungen, wo das Wasser keinen Abfluss hat. Die wellenförmigen Thäler Irlands, Schottlands, Norwegens, Schwedens und der Alpen, sowie die weiten Niederungen Deutschlands an den Küsten der Nord- und Ostsee sind reich an derartigen Torfmooren, die in holzarmen Gegenden ein höchst brauchbares Brennmaterial liefern.

Bei allen Landseen und Teichen, wie sie sich besonders im nordöstlichen Deutschland, in Preussen und im westlichen Russland finden, macht sich eine eigenthümliche, überall mehr oder weniger gleichmässige Vertheilung der Pflanzen bemerklich. Am weitesten in das Wasser hinein erstreckt sich ein Gürtel gewisser Binsenarten, der sich je nach dem geringern oder stärkern Abfall des Ufers mehr oder weniger weit in das Wasser zieht, da diese Pflanzen nur bei einer bestimmten Wassertiefe gedeihen können. Wenn im Winter die Oberfläche des Wassers zu Eis erstarrt, so brechen im Frühjahr die Binsen in dieser Höhe ab; zwischen ihnen schiessen neue hervor. So bildet sich allmälig ein fester Wall gegen den Stoss des bewegten Wassers. Hinter diesem Wall sammeln sich nach und nach Pflanzenreste und Geröll an, und auf dem so im Laufe der Zeit erhöhten Boden finden andere Gewächse einen Platz, besonders Moose und Rietgräser. Weiterhin bei fernerem Wachsthum bildet sich eine reiche Humusschicht, die befähigt ist, mehr und neue Pflanzen zu erzeugen, deren Samen vom Ufer aus zugeführt werden. Durch diese Vorgänge

wird endlich das ganze Vorland trocken gelegt, und die Wiese ist fertig. Am schnellsten und am meisten gesichert ist diese Bildung in Einschnitten, deren Ufer durch Wald vor den herrschenden Winden geschützt sind. Gern siedeln sich auf solchem Wiesenboden Erlen und Rhamnusarten an; der ganze Spreewald in der Lausitz ist eine solche Bildung.

Nicht minder wichtig für die Gestaltung der Erdoberfläche sind die niedern Thiere und Pflanzen, welche sich mit einem festen Panzer umgeben. Aus den im Wasser gelösten festen Stoffen, aus Kalk und Kieselsäure, bilden sie ihre Decken, die bei der unglaublich schnellen Vermehrung dieser Geschöpfe Veranlassung zu gewaltigen Kiesel- und Kalkablagerungen geben. Die bis zu bedeutenden Höhen, wie auf der Insel Rügen, abgelagerte Kreide besteht nur aus den Resten solcher Thiere, deren Skelett aus kohlensaurem Kalk bestand; ganz Potsdam und Berlin stehen auf einem Lager von Kieselerde, das nach Ehrenberg Infusorien, nach Andern Pflanzen seine Ansammlung verdankt. Der Biliner Polirschiefer ist nichts weiter, als die Panzer solcher niedern Thiere, oder, wenn man lieber will, Pflanzen, die ein Skelett aus Kieselerde besassen.

2) Von der Atmosphäre.

Wie wir oben gesehen haben, ist es wahrscheinlich, dass die Erde aus einer dunstförmigen Masse durch eine allmälige Abkühlung entstanden ist; diese Abkühlung ist jetzt so weit vorgeschritten, dass ein Zustand des Gleichgewichts eingetreten zu sein scheint, dass nämlich die Erde im Laufe eines Jahres von der Sonne gerade soviel Wärme empfängt, als sie in derselben Zeit durch Ausstrahlung verliert; dafür sprechen alle Erscheinungen, die wir seit 3000 Jahren kennen. Zu Moses Zeiten erzeugte Palästina wie heute Weizen, Oelfrüchte und Wein; daraus folgt, dass sich das Klima dort nicht wesentlich verändert haben kann. Es würde uns hier zu weit führen, auf die wahrscheinlichen Ursachen dieses Gleichgewichtszustandes tiefer einzugehen.

Es giebt aber Stoffe, die bei der gegenwärtig auf Erden herrschenden Temperatur und bei dem Drucke, welchen die Schwerkraft ausübt, nur im gasförmigen Zustande bestehen können; sie haben das Bestreben, sich immer weiter auszudehnen und werden allein durch die Schwerkraft an die Erde gefesselt. Daher ist die Erde im ihrem ganzen Umfange mit einer gasförmigen Hülle umgeben, die wir Atmosphäre nennen. Die Dichtigkeit derselben vermindert sich mit der Entfernung von der Erde, theils, weil die entferntern Theile weniger stark angezogen werden von der Erde, theils, weil die obern Luftschichten auf die untern drücken und sie mehr zusammenpressen. Auf dieser mit der Höhe abnehmenden Grösse des Luftdruckes beruht die Höhenmessung mittelst des Barometers. Die Atmosphäre esstreckt sich nicht ins Unendliche, sie findet ihre Grenze da, wo die Anziehungskraft der Erde und das Ausdehnungsbestreben der Gase gleich gross sind; aus verschiedenen Beobachtungen hat man ihre Höhe auf acht bis neun geographische Meilen berechnet.

Diese Dunsthülle besteht wesentlich aus zwei Gasen, dem Stickstoff und dem Sauerstoff; es finden sich in 100 Mass trockner atmosphärischer Luft 79,19 Mass Stickstoff und 20,81 Mass Sauerstoff. Das Mischungsverhältniss ist überall auf dem Festland dasselbe, auf den höchsten Alpengipfeln wie am Strande des Meeres, in dichtbevölkerten Orten wie in offnen, den Winden ausgesetzten Gegenden. Auf dem offnen Meere dagegen ist der Sauerstoffgehalt etwas geringer, weil das Wasser mehr Sauerstoff als Stickstoff absorbirt; doch ist der Unterschied sehr geringfügig.

Ferner enthält die Luft noch Kohlensäure und zwar vier Theile auf je 10000 Theile Luft; obgleich dieselbe schwerer ist, als jedes der beiden andern Gase, so ist doch ihre Vertheilung in der Höhe und in der Tiefe gleichmässig, ja nach Einigen soll sich sogar in den obern Regionen mehr davon finden. Anders verhält es sich mit ihrer horizontalen Verbreitung; etwas mehr ist da vorhanden, wo Vulkane beständig grosse Mengen derselben aushauchen, weniger dagegen, wo

grosse Wasserflächen das leicht lösliche Gas aufnehmen; auf hohem Meere ist fast gar keine zu finden. Wir haben schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass dieser gleichbleibende Gehalt der Luft an Kohlensäure überraschen müsste, wenn nicht die Pflanzenwelt die Aufgabe hätte, die immer neu erzeugten gewaltigen Mengen von Kohlensäure aufzunehmen und zu verarbeiten, wodurch der Sauerstoff, welcher zur Bildung der Kohlensäure verbraucht war, der Atmosphäre zurückerstattet wird. Aus allen Untersuchungen scheint hervorzugehen, dass das gegenwärtige Weltalter ein derartiges ist, in welchem vollkommenes Gleichgewicht zwischen der Erzeugung der Kohlensäure und ihrem Verbrauch durch die Pflanzenwelt herrscht. Dagegen weisen andere Verhältnisse unwiderleglich darauf hin, dass in frühern Epochen der Kohlensäuregehalt der Luft weit bedeutender war, und dass durch diesen Umstand die üppige und gewaltige Pflanzenwelt der Kohlenzeit bedingt war, durch welche ihr Gehalt an Kohlenstoff im Innern der Erde aufgespeichert wurde.

Neben der Kohlensäure spielt der Wassergehalt der Luft eine bedeutende Rolle bei der Ernährung der Pflanzen. Die Menge des Wasserdampfes ist sehr wechselnd, und eine grosse Zahl von Erscheinungen, welche die Atmosphäre darbietet, werden durch denselben bedingt. Woher stammt dieser Wasserdampf und wovon hängt seine Menge ab? Die Hauptquelle desselben ist die Verdunstung, deren Grösse wiederum einerseits von der Temperatur, anderseits von der Ausdehnung der verdunstenden Wasserfläche bestimmt wird. An der Oberfläche grosser Wasserbecken, wie bei Meeren und Landseen, findet man die Luft fast stets mit Wasserdampf gesättigt, d. h. es ist so viel Wasserdampf darin enthalten, dass sofort ein wässeriger Niederschlag entsteht, sobald die Temperatur nur wenig erniedrigt wird; denn je heisser die Luft ist, desto mehr Wasserdampf vermag sie aufzunehmen. Allgemein bekannt ist die Erscheinung, wie sich die Fensterscheiben eines warmen Zimmers inwendig mit Wassertropfen beschlagen, wenn die die Luft draussen sich abkühlt; die warme Zimmerluft hat

durch den Athmungsprozess der Bewohner viel Wasserdampf aufgenommen; trifft sie nun die kältern Scheiben, so verdichtet sich ein Theil desselben zu Wasser, im Winter zu Eis. Nicht selten tritt die umgekehrte Erscheinung ein, dass man auf der Aussenseite der Scheiben einen wässerigen Niederschlag erhält; alsdann ist die Luft draussen wärmer und feuchter.

Die Mechaniker verfertigen verschiedene Arten von Hygrometern zur Bestimmung der Feuchtigkeit der Luft.

Aus den oben angegebenen Ursachen ist der Wassergehalt der Luft am Aequator bedeutender, als in unsern Breiten, im Sommer, bei Tage und in Tiefebenen grösser, als im Winter, bei Nacht und auf hohen Bergen; den geringsten Wassergehalt hat die Luft im Allgemeinen Morgens bei Sonnenaufgang. Wie die Menge des Wasserdampfes der Luft bei erhöhter Temperatur sich steigern kann, möge folgende kleine Tabelle zeigen, welche für einen Luftdruck von 760 Millimetern gilt. Hundert Theile Luft können enthalten

bei	0° C.	0,30	Theile Wasserdampf,
„	10° C.	0,66	„ „
„	29° C.	1,35	„ „
„	30° C.	2,57	„ „

Die Verdunstung wird um so geringer, je feuchter die Luft bei einer gegebenen Temperatur, d. h. je näher sie dem Sättigungspunkte ist; im Sommer erscheint uns die Lnft trocken, welche weit mehr Wasserdampf enthält, als sie im Winter aufnehmen könnte, während umgekehrt Winterluft mit weit geringerem Wassergehalt oft feucht erscheint.

Die Zonen zwischen den Wendekreisen vereinigen in sich alle Bedingungen, durch Verdunstung in kürzester Zeit den meisten Wasserdampf zu liefern; die erwärmte und durch den Wasserdampf leichter gewordene Luft steigt in die Höhe und fliesst nach beiden Polen zu ab, während von Norden und Süden her stets kalte und trockne Luft zuströmt. Die Abkühlung, welche der aufsteigende Luftstrom in den obern Regionen erfährt, veranlasst die täglichen, zur bestimmten Stunde

eintretenden tropischen Regen; das Eintreffen derselben ist in einigen Gegenden so bestimmt, dass man z. B. Ausflüge für die Zeit vor oder nach dem Regen festsetzt. Der gesammte Wassergehalt wird der Luft auf ihrem Wege nach den Polen zu nach und nach entzogen, sei es in Form von Regen, Schnee oder Hagel, sei es als Nebel, Thau oder Reif.

Die Luftströme, welche von den Polen nach dem Aequator wehen, enthalten wenig Wasserdampf, weil sie kalt sind; sie bringen weder Regen noch Schnee; die warmen Winde dagegen, welche von den Wendekreisen nach den Polen hin wehen, sind reich an Wasserdämpfen und sie sind es, die unsere Felder befruchten. In Folge der Achsendrehung der Erde wird der Polarstrom bei uns zu einem Nordost, der Aequatorialstrom zu einem Südwest. Der Feuchtigkeitszustand eines Landes wird also dadurch bedingt, ob die Nordost- oder die Südwestwinde vorherrschen.

In einigen wärmern Ländern, wo der Himmel ewig klar und heiter ist, regnet es selten oder nie, und der Thau ersetzt den Regen. In der Nacht strahlt der Erdboden gegen den unbedeckten Himmel die Wärme aus und zwar um so mehr, wenn er mit Pflanzen bedeckt ist; dadurch wird der Boden so bedeutend abgekühlt, dass die ihn treffenden Luftschichten nicht allen Wasserdampf mehr halten können; er hängt sich in Form von Tröpfchen an die Spitzen der Pflanzen und befeuchtet so den Boden.

Es ist nicht möglich, die ganze Menge des Wasserdampfes, welche an einem bestimmten Orte in einer gegebenen Zeit als Thau, Regen oder Schnee gefallen ist, zu messen; dies ist nur mit dem Regen möglich. Man bedient sich zu diesem Zwecke eines Gefässes, das die Verdunstung verhütet, und in welchem man die ganze Menge des auf eine Fläche von bekannter Grösse gefallenen Regens sammelt. Man giebt die Regenmenge in der Art an, dass man sich das Wasser in einer gleichmässigen Schicht auf einer ebenen Fläche ausgebreitet denkt und die Höhe der Schicht misst. Die so gemessenen Regenmengen sind in den verschiedenen Gegenden ausserordentlich

verschieden; am geringsten ist der Niederschlag im Innern des Festlandes, indem die Luft, welche die Winde über dasselbe führen, schon in der Nähe der Küsten den grössten Theil ihres Wassergehaltes abgegeben hat.

Zum nähern Verständniss mögen hier einige Zahlenangaben folgen. Im Durchschnitt beträgt die jährliche Regenmenge zu

Ort	Menge	
Lissabon .	25,4	Pariser Zoll
Rom . . .	29,3	„ „
Genua . .	44,4	„ „
Bordeaux .	24,3	„ „
Marseille .	20,6	„ „
Paris . .	20,8	„ „
Liverpool .	32,3	„ „
Dover . .	44,1	„ „
London . .	23,4	„ „
Glasgow .	20,0	„ „
Mannheim .	21,0	„ „
Göttingen .	24,9	„ „
Erfurt . .	12,6	„ „
Bergen (Norwegen)	83,2	„ „
Stockholm .	19,2	„ „
Petersburg .	17,1	„ „
Bombay . .	75,5	„ „
Sierra Leone	80,9	„ „
Rio Janeiro	55,6	„ „
St. Domingo	100,9	„ „
Havanna .	85,7	„ „
Grenada .	105,0	„ „

Ausserdem wird die Regenmenge noch bedingt durch die Jahreszeiten und durch die Erhebungen, welche der Boden darbietet. In Deutschland sind die Sommerregen vorherrschend, und in den Alpen fällt um deswillen so viel Regen, weil der warme, feuchte südliche Luftstrom bei seinem Stoss

gegen die hohen, mit Schnee bedeckten Gipfel eine bedeutende Abkühlung erfährt.

Ein grosser Theil des auf die Erde niedergeschlagenen Wasserdampfes verdunstet unmittelbar wieder, ein anderer Theil wird von den Pflanzen aufgenommen und verarbeitet oder durch die Blätter ausgeathmet, der Rest endlich dringt durch das poröse Erdreich in die Tiefe bis auf eine Schicht, die für Wasser undurchdringlich ist. Sand und Geschiebe lassen das Wasser leicht durch, feste Gesteine gestatten nur einem beschränkten Theile den Durchgang, und Thon oder Mergel halten das Wasser ganz auf. Indem das Wasser auf diesen Schichten nach unten fliesst, speist es Quellen und Flüsse, die da entstehen, wo die Thonschichten zu Tage treten.

In Fig. 17 sei *a* eine Sandschicht, welche an der Erhebung das Wasser aufnimmt; *b* eine Thonschicht, eben so *c*; durchbricht man die obere Thonschicht, so kann hier das Wasser hervorquellen.

Endlich sei hier noch erwähnt, dass ausser durch die Verdunstung noch Wasserdampf in die Atmosphäre gelangt durch die Fäulniss- und Verbrennungsprozesse, durch das Athmen der Thiere und Pflanzen, durch die Vulkane und die heissen Quellen.

Nicht minder wichtig für die Verbreitung der Pflanzen ist die Vertheilung der Wärme in der Atmosphäre. Die mittlere Jahrestemperatur eines Ortes ist hauptsächlich abhängig von der Lage desselben zum Aequator und von seiner Erhebung über die Ebene des Meeres. Die Wärme nimmt ab, wenn man sich vom Aequator entfernt und wenn man sich über das Meer erhebt. Verbindet man alle Orte, welche eine gleiche mittlere Jahrestemperatur haben, so erhält man die sogenannten Isothermen, und zwar Breitenisothermen, wenn man nur die Entfernung vom Aequator, Höhenisothermen, wenn man nur die Erhebung über das Meer berücksichtigt. Diese Linien stimmen aber keineswegs mit den Breitenkreisen und mit den Linien gleicher Höhe überein. Man hat gefun-

den, dass auf der nördlichen Erdhälfte nicht der kälteste Punkt der Pol ist, sondern dass es zwei Kältepole giebt, deren einer in Sibirien unter 79½° N. Br. liegt, der andere in Nordamerika an der Barrowstrasse unter 78° N. Br. Ebensowenig fällt der Wärmeäquator mit dem Erdäquator zusammen; er liegt vielmehr nördlich von demselben, weil sich auf der nördlichen Erdhälfte mehr Land befindet, dieses aber die Wärme weit besser absorbirt, als das Wasser. Im Meridian von London und Paris erstrecken sich die Jahresisothermen am weitesten nach Norden.

Bedeutender noch sind die Abweichungen bei den Höhenisothermen; bei grossen Gebirgsmassen fällt die Temperatur weit schneller, als bei einzeln liegenden Bergen. Wenn man alle Punkte, deren mittlere Jahrestemperatur unter Null liegt, mit einander verbände, so erhielte man eine kugelähnliche Oberfläche, die an den Polen ungleich mehr abgeplattet ist, als die Erde. Man nennt diese Fläche die Schneegrenze, die aber durch lokale Bedingungen ganz unregelmässig gestaltet ist; sie steigt höher auf Hochebenen, als in Thälern, an einzeln stehenden Bergen und an der Sonnenseite höher, als in massigen Gebirgen und auf der Schattenseite; sie erhebt sich weiter über nackten Felsenflächen, als über mit Pflanzen bedecktem Boden.

Folgende Tabelle enthält einige interessante Punkte für die Höhe der Schneegrenze.

Küste von Norwegen	71¼°	N. Br.	720	Meter
Inneres von Norwegen	70°	„	1072	„
Island	65°	„	936	„
Ural	59° 40′	„	1460	„
Kamtschatka	56° 40′	„	1600	„
Alpen	46°	„	2708	„
Pyrenäen	42½—43°	„	2728	„
Nördl. Abhang / Südlicher „ } des Himalaya	30¾—31°	„	5067	„
Magellanstrasse	53—54°	S. Br.	1130	„

Auf die Vegetation von besonderem Einfluss und daher hauptsächlich wichtig ist die Kenntniss nicht der Jahresisothermen, sondern der Isothermen der verschiedenen Jahreszeiten. Wir verstehen in Folgendem unter dem Winter die Monate Dezember, Januar und Februar, unter dem Sommer den Juni, Juli und August. In Sibirien wird bei einer mittlern Jahrestemperatur von 9,7 Grad unter Null, wo der Boden in einer Tiefe von 3 Fuss beständig gefroren ist, in dem kurzen aber heissen Sommer Roggen gebaut, während auf der Insel Island bei einer bedeutend höhern mittlern Jahrestemperatur Niemand an den Anbau des Getreides denken kann, da die niedrige Sommertemperatur es nicht zur Reife bringt.

Königsberg in Preussen liegt mit dem nördlichen Irland unter gleicher Breite; selten gefriert hier das Wasser, und die schönsten Myrthengebüsche grünen im Freien wie in Südeuropa, während das Klima von Königsberg ein rauhes und unfreundliches ist. In Devonshire kultivirt man Orangen, Kamelien und Fuchsien im offnen Lande, und der Winter ist nicht kälter als in Florenz; aber der Wein gedeiht nicht in England, weil die Sommerwärme nicht hoch genug ist, die Trauben zu reifen. Bei Astrachan dagegen, dessen mittlere Jahreswärme fast mit der des Nordkaps von Norwegen zusammen fällt, und in Ungarn, dessen Winter kälter sind, als im nördlichen Schottland, wo weder Obst, noch Buche und Eiche gedeiht, wird der herrlichste, feurigste Wein gewonnen.

In den Ländern, wo bedeutende Unterschiede zwischen der Sommer- und Wintertemperatur stattfinden, ruht während des Winters die Vegetation, und sie erwacht erst wieder in den Monaten, in welchen die mittlere Temperatur nicht unter 5° ist; der Pflaumenbaum blüht, wenn die Mitteltemperatur 8° erreicht; die Birke knospet bei 11°; bei uns geschieht dies gewöhnlich im Anfang des Mai, im südlichen Schweden aber erst Mitte Juni.

Was nun die Ursachen dieser ungleichen Wärmevertheilung betrifft, so veranlasst die Gestaltung der Land- und Wassermassen eine ungleiche Erwärmung, indem das Land

sich schneller und bedeutender erwärmt, als das Meer. Die dadurch bedingten Luft- und Meeresströmungen nähern die niedrigere Temperatur der Pole dem Aequator und umgekehrt. Ausserdem spielen noch eine wichtige Rolle die Farbe des Bodens, die Richtung der herrschenden Winde, die Gebirgszüge; mit einem Worte, eine Summe gar vieler Ursachen bestimmen das Klima einer Gegend.

Weil das Meer weniger schnell erwärmt und abgekühlt wird, so ist das Klima der Küstenländer ein mehr gleichmässiges als im Innern grosser Kontinente; man spricht daher auch von einem Landklima und von einem Seeklima. Während auf dem Nordkap unter 71° 10′ N. Br. die Sommertemperatur 6,4 Grad über Null, die Wintertemperatur 4,6 Grad unter Null ist, also nur um 11° schwankt, ist sie in Irkuzk in Sibirien unter 62° 1′ N. Br., also 9° südlicher, im Winter — 38,9 Grad, im Sommer + 17,2 Grad, schwankt daher um 58°.

Der Einfluss des Meeres auf das Klima eines Landes wächst mit der Ausdehnung der Küsten im Verhältniss zu seiner Oberfläche; daher hat Europa unter allen Ländern gleicher Breite das beständigste und vortheilhafteste Klima. Die herrschenden Winde in der nördlichen gemässigten Zone sind der Nordost und der Südwest. Der Nordost, der von den Polen herweht, bringt über Europa kalte Luftströme; dagegen trifft der warme südwestliche Aequatorialstrom auf die Westküsten Europa's und Amerika's, weswegen die Ostküsten Amerika's und Asiens — Europa kann man als die Westküste des letztern Erdtheils betrachten — bei weitem kälter sind, als die Westküsten unter gleichen Breiten. Endlich wird das Klima Westeuropa's noch gemässigt durch den Einfluss des sogenannten Golfstromes, der aus dem westindischen Meere, wo die Temperatur des Wassers bis 30° steigt, warme Wässer bis an das Nordkap führt.

Bisher haben wir nur der Luftwärme Erwähnung gethan, aber noch nicht der Wärme der obern Bodenschichten, die,

wie wir schon früher sahen, von nicht geringem Einfluss auf das Pflanzenleben ist. Zwischen der Luftwärme und der Bodenwärme kann oft ein bedeutender Unterschied stattfinden. Ein kahler, steiniger Boden von schwarzer Farbe wird unter den Strahlen der Sonne weit höher erwärmt, als ein solcher von heller Farbe oder gar ein mit Pflanzen bedeckter. Letzterer bleibt nicht nur bei Tage kühler, weil ihn die Sonnenstrahlen nicht direkt treffen können, und weil die Pflanzen die Wärme zur Verdunstung des Wassers gebrauchen, sondern er kühlt sich auch in der Nacht durch Strahlung mehr ab, weil die Pflanzen gute Wärmeleiter sind, wie es denn allgemein bekannt ist, dass eine Metallfläche weit schneller kalt wird, als eine solche aus Stein. Während daher in dem Sande der Sahara die Wärme oft 30° über die Lufttemperatur steigt, sinkt sie auf Wiesen nicht selten 8° unter dieselbe.

Die Wärme der obern Bodenschichten kann sich durch Leitung nur langsam den untern Schichten mittheilen, und umgekehrt bleiben dieselben bei der Abkühlung länger warm; daher erklärt es sich, dass die Wärmeänderungen schon bei geringer Tiefe unbedeutend sind, und dass sie bei einer gewissen Tiefe ganz aufhören; diese Tiefe wird bedingt theils von der Grösse des Wärmeunterschiedes in der heissen und kalten Jahreszeit, theils von der Leitungsfähigkeit des Bodens. Im mittlern Europa ist die Temperatur bei einer Tiefe von etwa 75 Fuss unveränderlich, in Südamerika in der Nähe des Aequators bei $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuss unter der Oberfläche.

Schliesslich sei hier noch einer Eigenschaft des Wassers gedacht, welche für das gesammte organische Leben von der grössten Bedeutung ist. Bekanntlich ziehen sich alle Körper bei der Abkühlung zusammen und zwar um so mehr, je weiter die Temperaturerniedrigung fortschreitet; von diesem Gesetz macht das Wasser eine Ausnahme. Dieses zieht sich nur zusammen, bis es auf 4° abgekühlt ist; wird ihm die Wärme weiter entzogen, so dehnt es sich wieder aus, und gar manche Hausfrau hat die Nichtbeachtung dieses Gesetzes mit zersprengten Flaschen zu bezahlen. Daher ist das Eis leichter, als

Wasser von 4° und schwimmt auf demselben. Im Winter wird das Wasser der obern Schicht abgekühlt; ist die Temperatur auf 4° gefallen, so senkt sich die schwere Wasserschicht zu Boden und die leichtere wärmere tritt an die Oberfläche; dies setzt sich so lange fort, bis alles Wasser nur noch 4° Wärme hat. An der obern Schicht sinkt die Temperatur tiefer; da aber das Wasser sich nun wieder ausdehnt, so senkt es sich nicht, sondern es bildet sich schliesslich eine Eisdecke, unter der sich wärmeres Wasser befindet. Ohne dieses abweichende Verhalten des Wassers wäre es gar nicht denkbar, wie in Flüssen und Seeen ein organisches Leben bestehen könnte; verhielte sich das Wasser wie die andern Körper, so würden die Gewässer von unten auf erstarren und alles Leben würde zerstört werden.

Zweites Kapitel.

Die Bestandtheile des Ackerbodens.

Nachdem wir gesehen haben, wie durch die Zertrümmerung des im Anfange aus feurigem Fluss erstarrten Gesteines die Erdoberfläche sich verändert hat, und der Ackerboden nach und nach entstanden ist, wollen wir hier die verschiedenen Bestandtheile, aus welchen die Ackerkrume bestehen kann, näher ins Auge fassen; offenbar können dies nur solche Stoffe sein, wie sie die ursprünglich feste Erdkruste schon enthielt, oder wie sie aus der Einwirkung des Wassers und der Atmosphärilien aus ihnen hervorgingen.

Die weiteste Verbreitung unter allen Mineralien haben der Quarz mit seinen Verwandten, die verschiedenen Feldspatharten, wie sie in den granitischen, trachytischen und porphyrartigen Felsarten vorkommen, nebst den Glimmerarten, der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia; ferner finden sich überall, wenn auch in geringern Mengen, die schwefelsauern, phosphorsauern und Haloidsalze nebst den Eisenverbindungen.

Der Quarz ist Kieselsäure, d. h. er ist aus Kieselmetall und Sauerstoff zusammengesetzt und verbindet sich, freilich

nur bei erhöhter Temperatur, mit den Alkalien, dem Kalke, der Thonerde und dem Eisen zu Salzen. Die Verbindung des Kiesels mit dem Sauerstoff, die Kieselsäure, kann nur äusserst schwierig zersetzt werden. Daher findet eine Verwitterung des Quarzes nicht statt, sondern nur eine mechanische Zertrümmerung und Zerkleinerung; aber selbst diese Zerkleinerung ist eine sehr beschränkte, da der Quarz durch seine Härte derselben einen bedeutenden Widerstand bietet. In kleinen rundlichen Körnern bildet er das, was wir im gewöhnlichen Leben kurzweg Sand nennen, obwohl Quarzsand richtiger wäre.

Aus dem früher Gesagten geht zur Genüge hervor, dass der Quarzsand allein keinen brauchbaren Ackerboden abgiebt, da er keinerlei Nahrungsmittel enthält und nicht im Stande ist, wie dies aus den Untersuchungen Schüblers hervorgeht, Wasser aus der Luft zu absorbiren; selbst das als Regen auf ihn gefallene Wasser lässt er schnell durch und verdunstet er schnell. Dagegen ist er eine werthvolle, man kann sagen unentbehrliche Beimengung für andere Erdarten, wenn sie fruchtbar sein sollen.

Der Quarz ist im Wasser unlöslich, aber der Opal und andere Varietäten der Kieselsäure lösen sich, wenn auch nur schwierig, im Wasser, besonders wenn es Alkalien enthält; nur in dieser löslichen Form kann die Kieselsäure in die Pflanzen eindringen.

Wird der Quarz durch ein kalkiges oder thoniges Bindemittel zu grössern Massen vereinigt, oder durch lösliche Kieselsäure verbunden, so bildet er den Sandstein, der nach der Natur des Bindemittels mehr oder weniger fest ist und häufig durch beigemengtes Eisenoxyd roth, durch Eisenoxydul blauschwarz gefärbt erscheint. Der Sandstein ist nicht ein ursprüngliches Gestein, sondern eine sekundäre Bildung und findet sich nicht auf der ersten Lagerstätte des Quarzes.

Die Feldspathe sind sämmtlich Verbindungen der Kieselsäure mit Thonerde und Kali oder Natron; alle enthalten etwas Kalk, einige weniger Alkalien und an deren Stelle mehr

Kalkerde; selten fehlen Eisen, Mangan und Magnesia darin. Im Gemenge mit Quarz und den Glimmerarten bilden sie die ältesten krystallinischen Gesteine, als da sind der Granit, der Gneuss, der Porphyr, ohne Quarz den Trachyt; kurz, sie sind ein Gemengtheil fast aller Gebirgsarten. Der Einwirkung des Wassers und der Kohlensäure ausgesetzt, verwittern sie leicht und zwar um so schneller, je reicher sie an Alkalien sind. Die kohlensauren Wasser entziehen ihnen das Kali zum grossen Theil und mit demselben etwas Kieselsäure, welche sich mit dem Kali im Wasser löst, wie das Wasserglas, das ja eine Verbindung von Kali oder Natron mit Kieselsäure ist.

Bei dieser Zersetzung bleibt eine Verbindung von Kieselsäure, Thonerde und Wasser zurück, welche man Thon nennt. Ist diese Verbindung frei von fremden Beimengungen und findet sie sich an ihrer ursprünglichen Bildungsstätte, so heisst sie Kaolin oder Porzellanerde; sie dient alsdann zur Fabrikation des ächten Porzellans; es finden sich unter andern solche Lager von vorzüglicher Qualität zu Morl bei Halle und Aue bei Schneeberg in Sachsen.

Selten ist jedoch die Verbindung rein, sondern meist mit Quarzsand gemengt. Ist der Gehalt an Sand gering, so heisst der Thon fett, weil das Wasser nicht durch ihn hindurchdringen kann, und weil er sich leicht kneten und formen lässt; mit viel Quarzsand untermischt führt er den Namen Lehm. Ausserdem findet sich im Thon noch ein Theil der Alkalien und Erden des ursprünglichen Minerals, Eisen, unzersetzter Feldspath und Glimmer, der nur äusserst langsam verwittert. Die gelbe oder röthliche Farbe des Thones rührt vom Eisenoxyd, die blaue vom Eisenoxydul oder von organischen Beimengungen her.

Ausser aus den Feldspathen entsteht noch Thon durch Verwitterung des Glimmers, der Augite, der Hornblende und vieler andern Gesteine von ähnlicher Zusammensetzung; man fasst sie unter dem Namen der Thonerdesilikate zusammen.

Die Entstehungsweise des Thones bedingt es schon, dass er sich im Zustande der äussersten Zerkleinerung befindet, da

er gleichsam Atom für Atom aus dem Mineral ausgewaschen wurde. Daher schwebt er leicht im Wasser und findet sich oft weit ab von dem Orte seiner Entstehung, in Gegenden, wo weit und breit kein Gestein ansteht, welches das Material zu seiner Bildung liefern konnte. Der wellige Boden Nordostdeutschlands ist an vielen Stellen reich an Thon, oft an sehr fetten; dieser muss aus fernen Gegenden von den Gewässern hierher geführt und abgelagert sein.

Der Kalk, welcher im Ackerboden vorkommt und für das Gedeihen vieler Pflanzen, z. B. der sogenannten Schmetterlingsblüthler, höchst wichtig ist, verdankt zum Theil seinen Ursprung zersetzten krystallinischen Gesteinen, zum bei weitem grössern Theil jedoch geschichteten Lagern von dichtem oder körnigem Kalkstein, welche überall verbreitet sind. Häufig haben sich diese Lager nur aus Resten von Thieren aufgebaut, welche den in dem kohlensauren Wasser gelösten kohlensauren Kalk aufnahmen und Muscheln und Schalen daraus bildeten; die Kreide hat nur diesen Ursprung.

Ein beständiger Begleiter des Kalksteines ist die kohlensaure Magnesia; in ihrer Verbindung mit dem Kalkstein bildet sie bedeutende Felsmassen, welche den Namen Dolomit führen und sich durch ihre schroffen und bizarren Kuppen auszeichnen. Auch giebt es kohlensaure Magnesia in einer Anzahl anderer Mineralien, durch deren Zersetzung sie in den Ackerboden kommt.

Der wasserhaltige schwefelsaure Kalk bildet als Gips massenhafte Ablagerungen, und die schwefelsaure Magnesia, bekannt unter dem Bittersalz, ist ein Bestandtheil des Meerwassers und vieler Mineralquellen.

Da der fein zertheilte kohlensaure Kalk mit dem Thon die Eigenschaft theilt, sich lange im Wasser schwebend zu erhalten, so sind solche Bodenarten nicht selten, in welchen beide Erden innig gemengt vorkommen. Man nennt das Gemenge Mergel.

Das Eisen kommt in fast allen Mineralien vor, sei es als Oxyd, sei es als Oxydul, und wird bei ihrer Zersetzung frei;

auch findet es sich als Oxyd oder als kohlensaures Salz, der sogenannte Spatheisenstein, in bedeutenden Lagern, die behufs der Eisengewinnung abgebaut werden. Wichtig für die Vegetation ist noch das Vorkommen des Eisens als Schwefelkies. Dies ist überall verbreitet und hat die Eigenschaft, fein zertheilt an der Luft leicht zersetzt zu werden. Es bilden sich Eisenoxyd und Schwefelsäure, welche letztere mächtig zur Zersetzung der Gesteine beiträgt und die Erden, indem sie sich mit ihnen verbindet, löslich macht, ihnen also eine Form giebt, wie sie in die Pflanzen gelangen können.

Phosphorsäure ist ein Bestandtheil mehrer Mineralien, welche in den verschiedenen oben erwähnten Gebirgsarten vorkommen, wenn auch nur in geringer Menge; unter andern ist die Phosphorsäure ein Bestandtheil des Apatits, des Phosphorits und des Phosphorocalcits. Reiner phosphorsaurer Kalk, der sogenannte Knochenstein, findet sich in einigen Gegenden in grössern Lagern, unter andern am Fichtelgebirge. Da der phosphorsaure Kalk im Wasser unlöslich ist, so ist gerade für ihn die vorhin erwähnte Quelle der Schwefelsäure wichtig; diese verwandelt ihn nämlich in ein saures Salz und macht ihn auf solche Weise löslich.

Chlor ist in mancherlei Mineralien enthalten, in grösster Menge aber im Chlornatrium, dem Steinsalz; dies findet sich bekanntlich zum Theil in grossen Lagern, wie in Gallizien, England, Deutschland, zum Theil in Quellen und im Meere; das Meerwasser enthält neben demselben noch Chlorkalium und Chlormagnesium.

Jod kommt an Alkalien gebunden in einigen Mineralquellen und im Meerwasser vor, ist aber nur für Seepflanzen von Wichtigkeit.

Salpetersäure bildet sich da, wo organische Substanzen bei ungehindertem Luftzutritt und bei Gegenwart von Alkalien oder alkalischen Erden verfaulen; auch mag sie sich in geringen Quantitäten aus der atmosphärischen Luft erzeugen bei elektrischen Entladungen, das heisst bei Gewittern. Salpetersaures Kali, gewöhnlich Salpeter genannt, und salpetersaurer

Kalk finden sich in grössern Mengen in Ostindien als Bodenausschwitzungen und auf der Insel Ceylon in den sogenannten Salpeterhöhlen; der Chilisalpeter, salpetersaures Natron, in neuerer Zeit vielfach zur Düngung verwendet, ist in einigen grossen Lagern in Südamerika, besonders in Chile, entdeckt worden. Die Salpetersäure ist wie die Schwefelsäure um deswillen für den Ackerbau von besonderer Bedeutung, weil sie wie diese zur Zersetzung der Mineralien beiträgt und sie löslich macht.

Alle bisher erwähnten Stoffe kommen noch mit dem Dünger in die Ackerkrume.

Quarzsand, Thon und Kalk bilden also die Hauptmasse der feuerbeständigen Bestandtheile der meisten Ackererden, in denen sich die übrigen von uns betrachteten Stoffe in grösserer oder geringerer Quantität finden müssen, wenn Pflanzen in einem Boden gedeihen sollen.

Von allen Stoffen dürfen Alkalien, schwefelsaure und phosphorsaure Salze nie fehlen, oder sie müssen von aussen herbeigeschafft werden. Die Gegenwart derselben in den verschiedenen Bodenarten ist leicht erklärlich, da sie gleichzeitig mit den obigen Substanzen durch die Zersetzung der Mineralien sich gebildet haben und sich noch täglich neu bilden durch Verwitterung der in den Ackererden vorkommenden Bruchstücke unzersetzter Gesteine. Wenn auch die Alkalien in Folge ihrer grossen Löslichkeit im Wasser leicht fortgeführt werden, so wird doch immer noch ein Theil derselben vom Thon und Humus, weniger vom Quarzsand, der sehr leicht aufgewaschen wird, mit grosser Hartnäckigkeit zurückgehalten.

Eine andere Reihe von Stoffen, welche in der fruchtbaren Ackererde enthalten sind, verdanken ihre Entstehung der Zersetzung organischer Substanzen; man bezeichnet sie mit dem Gesammtnamen der Humuskörper, ohne über ihre Zusammensetzung, die Art und Reihenfolge ihrer Bildung bis jetzt etwas Sicheres, Bewiesenes zu wissen. Alle diese Substanzen unterliegen einem ewigen Wandel, einer stets wechselnden Zusammensetzung und Zersetzung; nur so viel können

wir mit Sicherheit behaupten und durch Thatsachen nachweisen, dass das Endresultat aller dieser Wandlungen, dass die letzten sich bildenden Stoffe in allen Fällen Kohlensäure, Ammoniak und Wasser sind. Die in vielen Lehrbüchern über den Ackerbau angeführten Stoffe, als da sind Humin, Gein, Quellsäure, Quellabsatzsäure und dergleichen sind durch künstliche Zersetzung in den Laboratorien erzeugte Substanzen, deren Gegenwart im Ackerboden noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist.

Schon in der ersten Abtheilung haben wir von den Quellen der Kohlensäure und des Ammoniaks und von ihrer massenweisen Bildung hinlänglich gesprochen, weshalb wir darauf verweisen, um so mehr, als sie weniger als ein Bestandtheil der Ackerkrume zu betrachten sind.

Die Reste organischer Körper zersetzen sich unter verschiedenen Umständen gar verschieden, sowohl was die Zeit, als was die Art der Zersetzungsprodukte betrifft, so dass durch dieselben dem Boden bald diese, bald jene Eigenschaft in einem höhern Grade mitgetheilt wird. Abgesehen davon, dass selbst die Pflanzenart nicht ohne Einfluss auf die Zersetzungsprodukte ist, werden dieselben noch durch andere Umstände viel hervortretender bedingt. Kein Körper kann verwesen ohne genügende Feuchtigkeit, den Zutritt der Luft und eine nicht zu geringe Wärme. Wie wichtig gerade das letzte Agens ist, beweist der Umstand, dass selbst thierische Leichen in Gegenden, wo der Boden beständig gefroren ist, sich mit Haut und Haar unverletzt erhalten; auf diese Weise konservirte Mammuthe sind in Sibirien gefunden worden. Unter den Tropen finden sich für die Verwesung die günstigsten Bedingungen, und gefallene Thiere sind innerhalb 24 Stunden im Zustande der vollkommensten Fäulniss, weshalb in wärmern Ländern die Leichen Gestorbener viel schneller beerdigt werden müssen. Die schnelle Verwesung ist es, welche das tropische Klima besonders an den Mündungen grosser Ströme, wo ungeheure Massen organischer Substanzen angehäuft werden und verfaulen, für den Europäer so gefährlich macht.

Die Feuchtigkeitsmenge ist nur bis zu einem gewissen Grade der Verwesung förderlich, nämlich nur soweit, als sie den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs nicht behindert, da dieser sich mit dem Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Substanzen verbinden muss, um Kohlensäure und Wasser zu bilden; es verliert die verwesende Masse im Allgemeinen mehr Stickstoff und Wasserstoff nebst Sauerstoff, so dass der zurückbleibende Theil reicher an Kohlenstoff wird. Wenn dagegen die organischen Reste ganz mit Wasser bedeckt sind, so erhält nur so viel Sauerstoff zu ihnen Zutritt, als von demselben im Wasser löslich ist; die Fäulniss ist in ihrem Verlauf viel langsamer; es entweichen neben wenig Kohlensäure Kohlenwasserstoffarten, — das sogenannte Sumpfgas — und reines Wasserstoffgas. Fängt man die Luftblasen auf, die aus dem Wasser entweichen, wo organische Substanzen unter demselben verfaulen, so lassen sie sich entzünden; Kohlensäure und Wassergas sind unbrennbar. Ausserdem bilden sich unter solchen Umständen saure Körper, welche das Wasser gelb färben und auf die Kulturpflanzen wie Gifte wirken. Unter gewissen Umständen kann das Wasser die Verwesung fast ganz verhindern.

Verfaulen die organischen Körper bei ungehindertem Luftzutritt, so bilden sie das, was man Lauberde oder Moder nennt, der stets von dunkler, schwarzbrauner Farbe ist und kaum noch daran erinnert, dass er von Pflanzen stammt; torfige Massen erhält man dagegen, wenn die Verwesung unter Wasser geschieht. Im Torf ist mehr oder weniger die Struktur der Pflanzen erhalten. Doch wollen wir nicht unerwähnt lassen, dass beide Verwesungsarten auch durch die Natur der Pflanzen bedingt werden, indem die Moose gern Torf, Kräuter, Laub und Gräser gern Moder bilden; versetzt man jedoch den Torf unter günstigere Bedingungen, so schreitet auch in ihm die Zersetzung weiter fort, und er bildet eben so gut als jene Substanzen Moder.

Was die Ackererde betrifft, so ist es einleuchtend, dass hier weniger eine Torfbildung eintreten kann, weil beim Acker-

bau nicht nur Moose, die sich etwa ansiedeln wollten, fern gehalten werden, sondern weil auch solcher Boden, der so viel Feuchtigkeit enthält, dass eine Torfbildung stattfinden könnte, für den Ackerbau ungeeignet ist. Wollte man solchen Boden als Acker benutzen, so müsste man zunächst Sorge tragen, durch geeignete Mittel das überschüssige Wasser zu entfernen.

Ausser den bisher besprochenen festen Bestandtheilen des Ackerbodens haben wir noch einen flüssigen, nämlich das Wasser, in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen; da sowohl seine Menge, als seine Vertheilung vom allerbedeutendsten Einfluss auf die Fähigkeit desselben ist, überhaupt eine Pflanzendecke zu tragen und im Besondern für den Ackerbau dieser oder jener Kulturpflanze geeignet zu sein.

Während die Quantitäten der festen Bestandtheile des Ackers nur einem allmäligen Wechsel unterworfen sind, ist die Menge des Wassers darin in unaufhörlichen Schwankungen begriffen, bedingt durch die atmosphärischen Niederschläge; dagegen ist der Wassergehalt, der der Haarröhrchenanziehung aus benachbarten Flüssen und Seen oder den Quellen seinen Ursprung verdankt, weniger veränderlich.

Wenn man ein Stück Zucker nur zum Theil in den Kaffee oder sonst in eine ihn netzende Flüssigkeit taucht, so dringt dieselbe in dem Zucker weiter hinauf, weil die einzelnen Zuckertheilchen anziehend auf die Flüssigkeit wirken. Diese Anziehung zwischen den Zuckertheilchen und der Flüssigkeit ist grösser, als die Kohäsion, welche Wassertheil an Wassertheil hält; es durchdringt die Flüssigkeit die feinen Poren und bildet gleichsam um jedes Molekül eine Hülle. Doch ist dieses Steigen nicht endlos, sondern es tritt ein Punkt ein, wo das Bestreben der Flüssigkeiten, sich nach unten zu bewegen und sich horizontal zu stellen, die Anziehung der festen Stoffe überwindet. Je feiner nun der Zucker ist, desto höher steigt die Flüssigkeit. Aehnliche Erscheinungen bieten andere poröse Stoffe dar, und am reinsten hat man dieselben, wenn man enge Glasröhren von verschie-

dener Weite in Wasser taucht. Man nennt die Ursache dieser Vorgänge Haarröhrchenanziehung.

Der Ackerboden besteht wie der Zucker aus einer Menge einzelner Körperchen, zwischen denen sich mehr oder weniger feine Poren finden. Fällt daher Regen, Thau oder Schnee auf das Land, so dringt das Wasser in die Poren desselben nur in dem Masse ein, als die oberhalb liegenden Schichten mit einer genügenden Flüssigkeitsschicht umgeben sind. Erst wenn mehr Wasser zugeführt wird, oder wenn die Zwischenräume zwischen den Theilchen grösser sind, durchdringt es auch die tiefern Schichten, bis es endlich auf Lager solcher Substanzen kommt, die dem Wasser keinen Durchzug gestatten. Haben sich die Poren so weit mit Wasser gefüllt, als durch die Anziehung der festen Theilchen bedingt wird, so sucht das Wasser, wenn es nach unten nicht entweichen kann, einen seitlichen Ausweg; es entstehen Quellen. Wo der Ausweg nicht so vielem Wasser den Durchzug gestattet, als von der andern Seite zugeführt wird, da entsteht ein Sumpf.

Wie wir schon früher sahen, hat der Thon die Eigenschaft, das Wasser nicht durchzulassen; ausser ihm sind es gewisse krystallisirte oder glasige Gebirgsarten, soweit nicht Risse und Sprünge dem Wasser Gelegenheit geben, sie zu durchdringen.

Quarzsand, Kalksand, wenn er grobkörnig ist, Torf, manche Sandsteine, Kalksteine und Dolomite sind für das Wasser leicht durchdringlich; die sogenannten Tropfsteinhöhlen sind Beweise für die Durchdringlichkeit der Kalksteine. Der Berg, in welchem sich die Baumannshöhle auf dem Rübeland im Harz befindet, besteht aus Marmor, körnigem, kohlensaurem Kalk. Die atmosphärischen Gewässer dringen mit Kohlensäure geschwängert in die Felsen und lösen etwas kohlensauren Kalk; wenn sie den Felsen durchdrungen haben und in Tropfen von der Decke auf den Boden der Höhle fallen, verdunstet das Wasser und der zurückbleibende kohlensaure Kalk bildet nach und nach die wunderbarsten Formen.

Die Kraft, mit welcher ein Theil des Wassers in Folge der Haarröhrchenanziehung im Boden festgehalten wird, ist abhängig von der chemischen Beschaffenheit und von dem Zustande der Zerkleinerung, in welchem sich die Körper befinden; während der Humus doppelt so viel Wasser zurückhalten kann, als sein eignes Gewicht im trocknen Zustande beträgt, ist die Menge des vom Quarzsand zurückgehaltenen sehr gering, um so geringer, je grobkörniger er ist. Letzteres gilt übrigens für alle Erdarten. Wollte man die verschiedenen Substanzen des Bodens darnach ordnen, wie sie im Stande sind, Wasser fest zu halten, so ergiebt sich im Allgemeinen folgende Reihenfolge:

Humus,
Kalkstaub,
Reiner Thon,
Lehm,
Magerer Thon,
Grober Kalksand,
Quarzsand.

Aber das Wasser wird nicht allein mit verschiedener Energie aufgesogen von den verschiedenen Stoffen, sondern es wird auch mit verschiedener Schnelligkeit verdunstet, und zwar verlieren die Substanzen das Wasser durch die Verdunstung am schnellsten, welche es am wenigsten aufsaugen.

Die Verdunstung geht in der Weise vor sich, dass die obersten Schichten ihr Wasser an die über ihnen lagernde trockne Luft abgeben; in Folge dessen tritt aus den tiefern Schichten fort und fort Wasser nach oben, jedoch nicht mit derselben Schnelligkeit, wie die Verdunstung stattfindet; daher nimmt im Allgemeinen mit der Tiefe die Feuchtigkeit des Bodens zu. Die Verbreitung der Feuchtigkeit unterhalb der Erdkruste ist bedingt von dem Feuchtigkeitszustande und von der grössern oder geringern Ungleichheit in den mechanischen Verhältnissen der verschiedenen Schichten. Liegt lockerer Seesand auf einer festen Schicht, so kann bei anhaltender Trockenheit der Sand vollkommen austrocknen, der nur

schwierig wieder genetzt wird, besonders wenn er fein ist. Man findet in sandigen Gegenden oft nach starkem und selbst nicht zu kurze Zeit dauerndem Regen nur wenig unter der Oberfläche einen ganz trocknen, staubigen Untergrund. Besonders häufig zeigt sich diese Erscheinung in Nadelholzwäldern und auf Ackerland, wo früher solche standen, indem die dem Sande beigemengten Nadeln sich wegen ihres Gehaltes an Harz wie Fett gegen das Wasser verhalten. Nur ein häufiges Umbrechen der Narbe kann hier Abhülfe verschaffen, weil durch die Einwirkung der Luft und der Feuchtigkeit die harzigen Stoffe verwesen.

Bei Bodenarten dieser Gattung verläuft sich und verdunstet sehr schnell der bei weitem grösste Theil des Wassers, welches durch Regen und Schnee zugeführt wurde; wenn nun trotzdem in tiefern Schichten sich fortwährend Wasser findet, so muss dies seinen Ursprung andern Quellen verdanken. Soweit sich in den Umgebungen von Seen und Flüssen wasserdurchlassende Erdschichten befinden, dringt das Wasser jener Ansammlungen in dieselben ein und durchtränkt sie; die Haarröhrchenanziehung bewirkt, dass es in den Erdschichten höher hinaufsteigt, als das Niveau des benachbarten wasserliefernden Teiches oder Flusses liegt; was an der Oberfläche verdunstet, wird von unten wieder zugeführt. Bestehen aber der Boden und die Uferwände aus Thonschichten, so kann kein Wasser hindurchdringen; gräbt man ein Loch in dahinter liegende Sandschichten, so wird man kein Wasser finden, oder solches, das höher oder tiefer steht, als in dem benachbarten Wasserbecken, das also nicht mit diesen, sondern mit andern, wenn auch fernen Wasseransammlungen kommuniziren muss. Unter sonst ganz gleichen Verhältnissen können benachbarte Aecker einen ganz verschiedenen Wassergehalt haben, jenachdem der eine durch Thonschichten vom Wasserzufluss abgeschlossen ist, der andere nicht. Erst vor Kurzem ist uns ein Fall der Art vorgekommen; in einem Garten musste man einen Brunnen 230 Fuss tief graben, um Wasser zu erhalten; in einem 200 Schritte davon entfernten Garten, der

ganz gleiches Niveau mit ersterem hatte, steht das Wasser zehn Fuss unter der Oberfläche.

Sand, Thon, Humus und kohlensaurer Kalk sind bei weitem die Hauptbestandtheile der Ackererden, und man kann, je nachdem der eine oder der andere dieser Stoffe vorherrscht, Sandboden, Thonboden, Kalkboden, Mergelboden und Humusboden unterscheiden; unter besondern Umständen führt der letztere den Namen Torf- und Moorboden.

In den Küstenländern, am Strande der Meere und grosser Landseen findet sich nicht selten ein fast reiner Sandboden, wie in Jütland; doch rechnet man auch noch solchen Boden zum Sandboden, welcher auf 100 Theile 90 Theile Sandkörner und 10 Theile fremder Stoffe enthält. Bei einem höhern Gehalt anderer Substanzen, besonders wenn diese Thon oder Humus sind, verliert ein Acker schon mehr die Eigenthümlichkeiten des Quarzsandes und wird für die Kultur geeigneter. Den grobkörnigen Quarzsand, der in Folge seiner physikalischen Eigenschaften am leichtesten ausgewaschen wird und frei von fremden Beimengungen besonders am Meeresstrande vorkommt, nennt man Seesand, zum Unterschiede vom weichen Sande, welcher durch Zertrümmerung und Zersetzung der geschichteten Gesteine entstanden ist.

Enthält ein Sandboden bis 60 Prozent Thon, welchen man vom Sande abschlemmen kann, so heisst er schon Thonboden; steigt der Thongehalt noch höher, so wird der Boden bald so zäh und steif, dass er nur schwierig oder gar nicht zu kultiviren ist. Sind die Beimengungen des Thones recht grobkörnig, oder sinkt der Thongehalt unter 60 Prozent, so hat man den Lehmboden, der fast in allen Fällen für die Kultur am meisten geeignet ist. Man unterscheidet sandigen Lehmboden, der nur 30 Prozent Thon enthält, vom lehmigen Sandboden, dessen Thongehalt noch geringer ist.

Der kohlensaure Kalk ist allen genannten Bodenarten in grössern oder geringern Mengen beigemischt und seine Quantität kann bis 90 Prozent steigen; ein Boden, der aus einem innigen Gemenge von Thon und kohlensaurem Kalk besteht,

heisst Mergelboden und hat alle nachtheiligen Eigenschaften des reinen Thonbodens. Der Mergelboden ist nur dann kulturfähig, wenn der Kalk grobkörnig ist, oder wenn ihm eine hinreichende Menge Quarzsand beigemischt wird.

Humus ist allem Ackerboden, wenn auch nicht ursprünglich, so doch in Folge der Kultur beigemengt, im Allgemeinen freilich nur in sehr geringen Quantitäten; bei einem Gehalt von 10 Prozent nennt man einen Acker schon humusreich, und die Farbe desselben ist schon ganz die des Humus. Nur im Moor- und Torfboden, wo das Wasser den Zutritt der Luft und dadurch die Verwesung verhindert, so dass die abgestorbenen Pflanzen fast ganz darin bleiben, findet man einen höhern Gehalt an organischen Substanzen, selbst bis 90 Prozent.

Drittes Kapitel.

Von dem Einfluss des Bodens auf die Ernährung der Pflanzen.

Nachdem wir in dem Bisherigen die verschiedenen Bodenarten und ihre Entstehung kennen gelernt, müssen wir die Frage aufwerfen, welchen Boden man einen fruchtbaren nennen darf?

Der Begriff der Fruchtbarkeit ist immer nur für gewisse Pflanzenspezies ein bestimmter; ein und derselbe Boden kann für die eine Gattung äusserst fruchtbar, für die andere ganz unbrauchbar sein. Mit dieser Beschränkung wollen wir einen solchen Boden fruchtbar nennen, der für eine oder mehrere derjenigen Pflanzen, die im Grossen angebaut werden, alle die Eigenschaften im hohen Masse besitzt, wodurch das Gedeihen derselben befördert wird.

Bei der Bestimmung der Fruchtbarkeit eines Bodens hat man zwei Dinge ganz von einander zu trennen: die nährenden Bestandtheile, als da sind Salze und Wasser, soweit diese in die Verbindungen der Pflanzensubstanz eingehen, von den festen Stoffen und dem Wasser, die den übrigen nur als Ge-

fäss dienen und ausserdem den Pflanzen den nöthigen Halt gewähren. Die von uns geforderte Trennung beweist schon, dass durch eine chemische Bestimmung der einzelnen im Boden enthaltenen Stoffe der Art und Menge nach die Frage der Fruchtbarkeit durchaus nicht entschieden werden kann, dass vielmehr durch das Zusammentreffen aller nothwendigen Eigenschaften die Ertragsfähigkeit eines Bodens bedingt wird. Unter Umständen kann ein Sandboden weit fruchtbarer sein, als ein Thonboden trotz seiner schätzenswerthen Eigenschaften, die dem Sandboden abgehen; fehlen ihm die übrigen Bedingungen der Fruchtbarkeit, so ist er von geringerm Werth als der Sand, der alle nothwendigen Eigenschaften, nur im geringern Masse besitzt.

Was zunächst die wirklichen Nahrungsmittel betrifft, so kommt es für die Frage der gegenwärtigen Fruchtbarkeit stets nur darauf an, wie viele Nahrungsmittel im Boden gelöst oder im löslichen Zustande enthalten sind, weil die Pflanzen nur gelöste Stoffe aufzunehmen befähigt sind; Gegenstand der Untersuchung kann daher nur die Bodenflüssigkeit sein, nicht das allerdings sehr schätzbare Kapital von zur Zeit noch unlöslichen Stoffen, die erst im weitern Verlaufe der Kultur fruchtbringend wirken können.

Wir besitzen zur Zeit leider noch keine Untersuchungen darüber, welchen Einfluss die Menge der in einer gegebenen Quantität Wasser gelösten Stoffe, mit andern Worten, welchen Einfluss die Konzentration der Nahrungsmittellösung auf das Gedeihen der verschiedenen Kulturpflanzen hat. Dennoch scheint gerade diese Kenntniss eine der entscheidensten zu sein; für die Erklärung gewisser Erscheinungen, wie sie die praktische Landwirthschaft darbietet, giebt es kaum einen andern Anhaltepunkt.

So geben gewisse Bodenarten noch eine reichliche Roggenernte, während sie für den Anbau des Weizens, es sei denn nach einer sehr reichlichen Düngung, unbrauchbar sind. Die Roggenernte enthält aber wesentlich dieselben elementaren

Bestandtheile und dieselbon Verbindungen in fast gleicher Quantität, wie die Weizenernte; man sollte daher glauben, dass da, wo der Roggen diese Stoffe sich in hinreichender Menge aneignen konnte, auch der Weizen dazu befähigt sein müsste. Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, dass es nicht geschieht; es scheint, als ob der Weizen nur dann gedeihen könnte, wenn die Nahrungsmittel ihm in einer konzentrirteren Lösung dargeboten würden. Aehnliche Ursachen scheinen die Veranlassung zu sein, dass die gelbe Lupine auf dem dürrsten Sandboden, wo kein Hälmchen Gras gedeiht, noch reichlich Nahrung findet, weshalb man in neuerer Zeit solchen Boden durch den Anbau der Lupinen, die nachher untergepflügt werden, für die Kultur anderer Gewächse befähigt.

Aber nicht allein der Gehalt der Lösung an wirklichen Nahrungsmitteln ist von Wichtigkeit, sondern auch solcher Stoffe, durch deren Gegenwart die andern erst löslich werden. Die kohlensauren und phosphorsauren Erden sind in reinem Wasser unlöslich; es müssen Ammoniaksalze, Kohlensäure und Schwefelsäure vorhanden sein, welche jene Erden löslich machen. Die Menge der Schwefelsäure, welche als eigentliches Nahrungsmittel dient, ist sehr gering, desto grösser ihr Einfluss gerade auf die phosphorsauren Salze.

Eine in jeder Beziehung brauchbare Bestimmung der Nahrungsmittel eines Bodens ist ausserordentlich schwierig; denn wollte man die Ackererde auspressen, so würde man unter allen Umständen nur einen Theil der Lösung erhalten, und man könnte durchaus nicht bestimmen, ob die in der Erde zurückgebliebene Lösung einen gleichen Grad der Konzentration habe; es ist vielmehr äusserst wahrscheinlich, dass sie konzentrirter ist. Zieht man aber die Ackererde mit verdünnten Säuren aus, so erhält man die Stoffe nicht so, wie sie im Boden enthalten sind, da die Säuren mehr oder weniger zersetzend auf die einzelnen Substanzen einwirken und sie in ihrer Natur verändern. Man kann nur durch eine Verbindung einer Reihe von Operationen zu einem einigermassen entscheidendem Resultat gelangen. Nie darf man bei diesen

Bestimmungen vergessen, den wirklichen Wassergehalt der Erden zu bestimmen, weil von demselben und der Menge der löslichen Stoffe die Konzentration der Nahrungsmittellösung abhängt. Denn wenn auch zwei Bodenarten gleich viel Nahrungsmittel enthalten, der eine aber doppelt so viel Wasser als der andere, so wird der eine in einer gleichen Menge Nahrungsflüssigkeit den Pflanzen immer nur die Hälfte der Nahrungsmittel zuführen können.

Für eine in jeder Beziehung gute Kultur ist es unumgänglich nothwendig, die Quantität und Art der im Boden enthaltenen Nahrungsmittel kennen zu lernen, weil danach der Anbau der verschiedenen Kulturpflanzen sich zu richten hat. Auf der andern Seite giebt uns diese Kenntniss die Mittel an die Hand, die fehlenden Stoffe in der passendsten Form dem Boden zuzuführen; andernfalls kann auch die reichlichste Düngung ganz nutzlos sein, wenn sie nicht zufällig die mangelnden Substanzen dem Boden liefern kann. So kann man einen sehr humusreichen Boden haben, der scheinbar alle Eigenschaften in sich vereinigt, eine reiche Ernte von Hülsenfrüchten zu tragen; nur ein Stoff, der Kalk, fehlt in der genügenden Menge, und alle Versuche, einen lohnenden Ertrag zu erzielen, werden fehlschlagen, bis man den Mangel entdeckt und ihm abgeholfen hat. Ebenso wichtig ist es daher auch für eine rationelle Landwirthschaft, genau die Stoffe zu kennen, welche die einzelnen Kulturpflanzen in reichlicherer Menge zu ihrem Gedeihen bedürfen, um sie assimiliren zu können. So müssen z. B. in einem Boden, der Klee tragen soll, mehr Kalisalze sein, als wenn man ihn mit Kartoffeln bebauen wollte; denn die Kartoffeln vermögen einem Boden, der für den Kleebau schon mit Kalisalzen gedüngt werden muss, noch weit mehr Kali zu entziehen, als die Kleeernte enthält.

Wir haben weiter oben ausgeführt, dass man die sichersten Resultate erhalte, wenn man die im Boden wirklich vorhandene Quantität Wasser, das sowohl selbst Nahrungsmittel als auch Lösungsmittel für die Salze ist, für jeden Fall direkt

bestimme. Damit soll jedoch keineswegs gesagt sein, dass man die Kraft, mit welcher ein Boden das Wasser fest hält oder es aus der Luft durch Verdichtung anzieht, vernachlässigen und als gleichgültig betrachten dürfe. Ebenso wenig darf man vergessen, die klimatischen Verhältnisse und die dadurch bestimmte Menge der Niederschläge zu erforschen, da von ihnen der durchschnittliche wirkliche Wassergehalt ohne Frage bedingt ist. Es giebt für jede Pflanze und für jede Bodenart offenbar zwei Grenzen der Feuchtigkeit, über die hinaus die Pflanze nicht mehr gedeihen kann. Der Boden darf weder zu viel noch zu wenig Wasser enthalten; in beiden Fällen muss man sein Augenmerk darauf richten, dem Ueberfluss oder dem Mangel abzuhelfen. Ein Zuviel tritt offenbar in all den Fällen ein für jede Kulturpflanze, wo der Acker so mit Wasser durchtränkt ist, dass dadurch die atmosphärische Luft am Zutritt verhindert ist.

Wie man nicht im Stande ist, in jedem beliebigen Apparate aus dem rohen Zuckersaft den Zucker auf die möglichst vortheilhafte Weise zu gewinnen, sondern genöthigt ist, den Apparat so lange zu verbessern, bis dies erreicht wird, so sind die wirklichen Nahrungsmittel allein noch nicht im Stande, auf einem beliebigen Boden den grössten Ertrag zu liefern; die Fruchtbarkeit eines Ackers hängt noch von dem Zustande und den Eigenschaften der übrigen Bestandtheile ab, des Apparates, wie man sie nennen könnte. Abgesehen davon, dass im Allgemeinen durch die Natur dieser Stoffe die Nahrungsmittel bedingt sind, sind sie es, die den Pflanzen den nöthigen Halt zu bieten haben, indem ihre Menge die Quantität der Nahrungsmittel bei weitem übertrifft. Der Boden muss nicht nur einerseits in dem Masse zerkleinert sein, dass ihn die Wurzeln und die Nahrungsmittellösung auf leichte Weise durchdringen können, sondern er muss anderseits eine solche Steifigkeit und einen solchen Zusammenhang besitzen, dass die sich darin ausbreitenden Wurzeln insoweit befestigt werden, um die Pflanzen gegen ein Umfallen und Niederstrecken zu schützen, wenn sie irgend ein Stoss, der nicht zu mächtig

ist, trifft. Ein guter Ackerboden ist demnach derjenige, welcher mit der nothwendigen Porosität die für die verschiedenen Kulturpflanzen nöthige Steifigkeit und Festigkeit verbindet.

Der Quarzsand stellt in allen Fällen ein mehr oder weniger grobkörniges Pulver dar, dessen Theile leicht gegeneinander verschoben werden können; er hat dem Ackerbau einerseits günstige, anderseits ungünstige Eigenschaften. Wegen seiner Körnigkeit hat die Luft leichten Zutritt, das Wasser kann sich ohne grosse Hindernisse darin vertheilen, die Strahlen der Sonne erwärmen ihn leicht; Dünger und Humus verwandeln sich mit Hülfe der ungehindert zufliessenden Luft im Sandboden schnell in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, in wirkliche Nahrungsmittel; alles dies sind Eigenschaften, die für die Kultur in gewissem Grade nothwendig sind. Dagegen hat der Sand eine geringe Anziehungskraft für Wasser und die darin gelösten Stoffe; das Wasser sinkt schnell in die tiefern Schichten und der Sand trocknet oben bald aus. Je grobkörniger der Sand ist, desto weniger Wasser nimmt er auf und desto schneller verliert er diese Menge; auch vermag er durch Haarröhrchenanziehung das Wasser aus der Tiefe weniger hoch zu heben. Nichtsdestoweniger kann es vorkommen, dass die Pflanzen im feinern Sande mehr von der Dürre leiden, weil der darauf fallende Regen weniger tief eindringt, da die grössere wasserhaltende Kraft das Wasser in den obern Schichten festhält. Ferner ist der Quarzsand im Allgemeinen sehr arm an nährenden Stoffen, da dieselben bei seiner Entstehung wegen ihrer feinen Zertheilung später vom Wasser abgesetzt wurden, als der Sand; ausserdem wird er noch fort und fort durch die atmosphärischen Niederschläge ausgewaschen. In letzterer Hinsicht ist der feinkörnige Sand vortheilhafter, weil die löslichen Bestandtheile viel langsamer entführt werden. Man bedient sich daher des feinkörnigen Sandes zum Reinigen des schmutzigen Wassers mittelst Filtration, wie denn z. B. in Berlin alles Wasser, welches die Wasserleitung aus der Spree in die Stadt führt, vorher in gewaltigen Becken durch Sand gereinigt wird.

Während die leichte Zersetzbarkeit des Humus und des Düngers im Quarzsande ein Vortheil für die Vegetation ist, wenn man nur im Stande ist, hinreichende Mengen frischen Materiales ihm zuzuführen, so ist doch gerade diese Eigenschaft die Hauptursache der Unfruchtbarkeit des Sandbodens, weil in Folge derselben sich nicht ein Kapital von Humus ansammeln kann, welches den Boden kulturfähiger machen würde.

Ist es nicht mit zu grossen Kosten verknüpft, dem Sandboden eine grössere Menge Wasser zuzuführen, oder ist seine Lage der Art, dass er aus benachbarten Flüssen und Seen durch Haarröhrchenanziehung reichlich Wasser erhält und damit zugleich die im Wasser gelösten nährenden Substanzen, so verliert er viele seiner nachtheiligen Eigenschaften, und solcher Acker wird für gewisse Pflanzen sogar ein fruchtbarer genannt werden können.

Ein Hauptvortheil der grössern Wassermenge liegt für den Sandboden in dem Umstande, dass die Feuchtigkeit die schnelle Zersetzung des Humus und des Düngers verzögert. Dem grössern Wassergehalt hat es mancher Sandboden in der Umgegend Berlins zu verdanken, dass er kulturfähig ist, wozu freilich noch kommt, dass man in der Nähe einer so grossen Stadt über reichliche Düngmittel zu verfügen hat. An den Ufern der Flüsse, Seen und Teiche vermag sich oft im reinen Sande ein vergleichsweise üppiger Pflanzenwuchs zu entwickeln, wenn sie nur vor Wind und Wellenschlag geschützt sind. Nach und nach erzeugen hier die Reste abgestorbener Pflanzen eine ansehnliche Humusschicht, da das Wasser die schnelle Zersetzung verhindert.

Endlich hätten wir noch als nachtheilige Eigenschaft des Sandes zu erwähnen, dass er den Wurzeln der Pflanzen nur einen geringen Halt bieten kann; es kommt sogar nicht selten vor, dass ein Wind die ganze Pflanzendecke unter dem leicht beweglichen Sande begräbt.

Vergleichen wir den Thon mit dem Quarzsande, so ergiebt sich, dass seine Eigenschaften denen des letztern ge-

radezu entgegengesetzt sind, so dass ihm die der Vegetation günstigen Eigenschaften des Sandes fehlen, er dagegen die Eigenschaften in hohem Grade besitzt, welche dem Sande mangeln. Der Thon besteht aus sehr feinen Theilen, welche in die engen Poren das Wasser mit grosser Begierde aufsaugen, ohne es durchzulassen; in feuchtem Zustande haften die Theilchen sehr fest aneinander. Wegen ihrer Kleinheit sind auch die Poren von geringer Ausdehnung, daher leicht vollständig mit Wasser angefullt; dadurch wird der Zutritt der Luft verhindert, und organische Reste, welche dem Thon beigemischt wurden, können sich nur äusserst langsam, nur an der Oberfläche in Kohlensäure und Ammoniak zersetzen, also zu wirklichen Nahrungsmitteln werden.

Während der nasse Thon weich ist und leicht Eindrücke annimmt, trocknet er bei anhaltend trockener Witterung zu einer steinharten Masse zusammen, von vielfachen Rissen und Sprüngen durchzogen.

Aus der Entstehungsgeschichte des Thones ist uns bekannt, dass er reich an mineralischen Nahrungsmitteln, besonders an Kalisalzen ist, und dass sich Reste von Mineralien in ihm finden, durch deren allmälige Verwitterung jene Substanzen immer wieder von Neuem erzeugt werden.

So vortheilhaft die angeführten Eigenschafen des Thones für die Kultur sind, so ist dennoch reiner Thonboden für den Ackerbau ganz untauglich. Die Steifheit desselben verhindert das Eindringen der Wurzeln und erschwert die Bearbeitung behufs Unterbringung der Saat übermässig; und ist die Saat wirklich darinnen, so haben die Keime nicht die Kraft, die zähe Decke zu durchdringen. Bei nasser Witterung verfaulen die Wurzeln, wogegen sie bei grosser Dürre, wenn der Boden aufreisst, leicht mit zersprengt werden.

Bei näherer Betrachtung der erwähnten Uebelstände des Thones und Sandes ergiebt sich der einfache Schluss, dass eine Mengung beider die nachtheiligen Eigenschaften jedes einzelnen mehr oder weniger aufheben muss. Während der Sand den Thon auflockert und der Luft, dem Wasser und den Wurzeln das Ein-

dringen erleichtert, die Zersetzung des Humus in Nahrungsmittel befördert, vergrössert der Thon die wasserhaltende und wasseranziehende Kraft des Sandes, führt ihm mineralische Nahrungsmittel zu und verhindert das zu schnelle Verwesen der organischen Bestandtheile. Die Wirkung des Sandes hängt natürlich von seiner Körnung ab, ein grobkörniger wird offenbar mehr verändernd auf die Konstitution eines Thonbodens wirken, als ein feinkörniger. Im Allgemeinen lässt sich annehmen, dass ein Boden, der zur Hälfte aus Sand besteht, also ein Lehmboden, für unsere Kulturpflanzen am geeignetsten ist. Solche Bodenarten, welche mehr als die Hälfte Thon enthalten, können zwar bis zu einer gewissen Grenze noch kulturfähig sein; aber die Eigenschaften des Thones werden bald so überwiegend, verdecken die des Sandes so sehr, dass es immer vortheilhafter ist, einen Boden mit mehr als der Hälfte Sand zu bebauen. Ein Boden, der auf neun Theile Quarzsand nur einen Theil Thon enthält, ist in der That immer noch ein fruchtbarer zu nennen. Der kohlensaure Kalk besitzt theils die Eigenschaften des Quarzsandes, theils die des Thones, je nach seiner mechanischen Beschaffenheit, nach seiner Körnung. Je feiner der Kalksand ist, desto mehr nähert er sich dem Thone; da er jedoch weniger zäh ist, macht er den Thon, wenn er ihm beigemengt wird, minder bindend und feucht, ohne dass etwa reiner Mergelboden dem Ackerbau sehr förderlich wäre. Dem Sande beigemengt, verleiht er ihm die Eigenschaft, das Wasser fester zu halten und mehr davon aus der Luft zu verdichten. Grobkörniger Kalksand ist für sich noch weniger für den Ackerbau geeignet, als Quarzsand, da er dessen ungünstige Eigenschaft, schnell auszutrocknen, in noch höherm Grade besitzt. Seine Eigenschaft, als Gemengtheil anderer Bodenarten in seiner Lösung im kohlensäurehaltigen Wasser zersetzend auf die Mineralien und die Humussubstanzen zu wirken, wollen wir an einer andern Stelle noch näher in Betracht ziehen.

Mitten inne zwischen dem Sand- und Thonboden steht der Humusboden, der nach dem mehr oder weniger vorge-

schrittenen Zustande seiner Zersetzung und der Art seiner Entstehung sich bald dem einen, bald dem andern mehr nähert. Der Torfboden, welcher aus wenig zersetzten Pflanzenstoffen besteht, trocknet bei dürrem Wetter wegen seiner grossen Poren fast noch vollständiger aus, als der Sand; dagegen ist er befähigt, aus der Luft nicht geringe Mengen Wasserdampf zu verdichten, welche Eigenschaft dem Sande ganz abgeht. Wie der Sand und noch leichter wird der Torf vom Wasser vollständig ausgewaschen und so der in ihm enthaltenen Nahrungsstoffe beraubt. Dagegen gleicht er dem Thonboden darin, dass er wie dieser im Sommer sowohl als im Winter bei anhaltender Trockenheit von Spalten und Rissen durchsetzt wird. Ist der Humus weiter zersetzt, und besteht er aus so kleinen Theilen, dass keine Pflanzenstruktur in demselben zu erkennen ist, er also ein leichtes Pulver bildet, so hat er unter allen Stoffen im höchsten Grade das Vermögen, Wasserdampf aus der Luft zu verdichten; das aufgesogene Wasser nebst den Salzen kann ihm nur sehr schwierig und ganz allmälig entzogen werden. Dies Vermögen besitzt er in so hohem Grade, dass er in reinem Zustande für die Kulturpflanzen ungeeignet ist, wozu noch der Umstand kommt, dass er wegen seiner spezifischen Leichtigkeit den Wurzeln noch weniger Anhalt zu geben vermag, als der Sandboden.

Da durch die fortschreitende Zersetzung des Humus fort und fort neue Nahrungsmittel erzeugt werden, so ist er ein vortrefflicher Zusatz zum Sandboden; die Lockerheit dieses Gemenges macht es jedoch nur für einige wenige Pflanzen geeignet, die nur einer geringen Stütze im Boden bedürfen. Ganz anders verhält sich der Humus zum Thonboden, indem durch seine Gegenwart ein Theil des nothwendigen Sandes ersetzt werden kann. Wenn er nicht gar zu fein gepulvert ist, so wird schon durch die Beimengung allein der Thon gelockert; mehr geschieht dies aber noch durch die in Folge der Zersetzung aus dem Humus entweichenden Luftarten, welche sich gewaltsam einen Ausweg suchen; er wirkt, wie die entweichende Kohlensäure bei der Gährung des Brotteiges.

Ferner wirken die aus dem Humus frei werdenden Ammoniaksalze und die Kohlensäure zersetzend auf die im Thon enthaltenen Mineralien, die Feldspathreste und die Glimmerblättchen, wodurch der Boden neue Mengen löslicher Salze erhält. Weil aber der Zutritt der Luft zu einem Gemenge von Humus und Thon nur ein beschränkter ist, so findet die Verwesung des Humus nur sehr langsam statt; es vermehrt sich die Humusmenge eines solchen Ackerbodens, statt sich zu vermindern, weil nicht alle Stoppeln und aller Dünger zersetzt werden.

Fassen wir daher noch einmal von einem allgemeinern Gesichtspunkte das einzeln Erwähnte zusammen, so ergiebt sich, dass die Fruchtbarkeit und Kulturfähigkeit eines Bodens dann am höchsten ist, wenn er aus einem passenden Gemenge der genannten Erdarten besteht. Wir haben zugleich gesehen, wie bis zu einem gewissen Punkte die einzelnen Stoffe einander vertreten können, wenn die andern Bedingungen, besonders das Wasser, in einem günstigen Verhältnisse stehen. Aber vergessen dürfen wir nicht, dass die Fruchtbarkeit eines solchen Gemenges stets durch die klimatischen Verhältnisse mit bedingt ist. Ein thonreicher Boden, der in einem feuchten Klima oder durch andere Umstände zu nass ist, kann in einer wärmern und minder feuchten Gegend ganz ausserordentlich fruchtbar sein, wie anderseits ein Sandboden unter günstigen Verhältnissen, namentlich wenn ihm reichlich Wasser zu Gebote steht, hier fruchtbar sein kann, dort dagegen, bei einem trocknen und heissen Klima, unbenutzt bleiben muss. Uebrigens lässt sich als ziemlich ausgemacht annehmen, dass ein Lehmboden in den meisten Fällen am fruchtbarsten sein wird, da er alle Eigenschaften der übrigen Bodenarten in einem gewissen Grade in sich vereinigt.

Wir haben am Eingange dieses Kapitels darauf hingewiesen, wie bei den verschiedenen Kulturpflanzen oft gar verschiedene Bedingungen der Fruchtbarkeit an den Boden gestellt werden müssen; wir wollen in Folgendem die hauptsächlichsten etwas näher besprechen.

Unter allen Kulturpflanzen haben für uns die Getreidearten die grösste Bedeutung, nächstdem die Kartoffeln, Rüben und Hülsenfrüchte. Im Allgemeinen wird ein Lehmboden, in welchem ein Theil des Sandes oder auch des Thones durch Humus oder Kalk ersetzt sein kann, immer am vortheilhaftesten für die Kultur der Körnerfrüchte sein. Humus und Kalk dürfen nicht ganz fehlen, letzterer um so weniger, als er in die Pflanzensubstanz mit eingeht; wichtig ist auch ein gewisser Reichthum an Phosphorverbindungen und schwefelsauren Salzen. Von allen Getreidearten ist der Weizen am empfindlichsten, man könnte sagen am begehrlichsten; er scheint einen gewissen Gehalt an Thon im Boden nicht entbehren zu können; doch haben wir Weizenfelder im Vogesensande gesehen, wo der Thongehalt sehr gering war. Dem Weizen am nächsten steht die Gerste, und selbst der Hafer liebt einen nicht zu thonarmen Boden. Am genügsamsten ist der Roggen, der mit jedem Boden fast vorlieb nimmt; wir haben ihn in allen Bodenarten mehr oder weniger üppig gesehen, wenn nur die übrigen Bedingungen seines Gedeihens erfüllt waren. Doch gedeiht auch er in einem Lehmboden am besten, am wenigsten sagt ihm grobkörniger Mergel zu. Den Kartoffeln ist ein reicher Thonboden nicht vortheilhaft; die Knollen werden zwar sehr gross, besonders in humusreichen, aber sie enthalten wenig Stärkemehl und werden unschmackhaft. Am zuträglichsten ist ihnen ein lockerer, leichter Lehmboden; bekannt ist, dass im märkischen Sande ganz vorzügliche Kartoffeln gedeihen.

Die Hülsenfrüchte, als Linsen, Bohnen und Erbsen, lieben einen kalkreichen Lehmboden, den auch die Kleearten jedem andern vorziehen, unter ihnen besonders die Esparsette, die geradezu nur auf einem eigentlichen Kalkboden, der Quarzsand enthält, gut geräth.

Für die verschiedenen Rübenarten ist um deswillen ein sehr thonreicher Boden nicht vortheilhaft, weil er der Ausdehnung der Wurzel einen zu grossen mechanischen Widerstand leistet; im Allgemeinen darf der Boden nicht zu sehr dem

Austrocknen ausgesetzt sein. Ein grosser Ueberschuss an löslichen Alkalisalzen ist besonders der Zuckerrübe nachtheilig, da sie selbst aus einem salzarmen Boden grosse Mengen sich aneignet, ein zu grosser Alkaligehalt aber die Gewinnung des Zuckers erschwert.

Die Kohlarten und die Oelfrüchte lieben einen reichen Lehmboden, doch begnügt sich der Raps auch mit einem ärmern.

Endlich giebt es noch einige Kulturpflanzen, wie die gelbe Lupine und der Buchweizen, denen ein etwas höherer Thongehalt sogar nachtheilig ist; der ihnen am vortheilhafteste Boden ist der Sandboden. Während in der reichen Magdeburger Gegend, wo nur selten einmal Buchweizen gebaut wird, die Pflanzen niedrig und dürftig bleiben, entwickeln sie sich in nicht zu trocknen Jahren in der Altmark ganz vortrefflich, wo kaum eine andere Pflanze mit Vortheil gebaut werden kann.

Erinnern wollen wir hier noch einmal, dass mit der Bezeichnung „Sandboden“, „Thonboden“, nie eine einzelne Eigenschaft gemeint ist, dass vielmehr durch den vorwiegenden Gehalt einer der genannten Substanzen eine ganze Summe von Erscheinungen bedingt wird, die in ihrer Vereinigung den Boden zu einem fruchtbaren oder unfruchtbaren machen.

Stellen wir uns nun die Frage, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, um den Werth eines Ackers zu bestimmen? Kennt man durch längere Beobachtungen die klimatischen Verhältnisse und die dadurch bedingten Niederschläge, so wie die Vertheilung des Wassers in Flüssen, Seen und Quellen, so muss man sich eine möglichst genaue Kenntniss der im Boden enthaltenen löslichen Nahrungsmittel zu verschaffen suchen, ohne die zur Zeit noch unlöslichen Stoffe ganz zu vernachlässigen, da sie ein Kapital für spätere Zeiten bilden. Ferner ist es nöthig, den Zustand der Zerkleinerung der Ackerkrume und die Fähigkeit, Feuchtigkeit und Wärme aus der Luft aufzunehmen, genau zu erforschen. Sind diese Bedingungen alle erfüllt, so kann man mit ziemlicher Sicherheit

ein Urtheil über die Fruchtbarkeit eines Ackers fällen, natürlich immer mit Rücksicht auf bestimmte Kulturpflanzen. So lange dies nicht möglich, muss man die Beurtheilung Landwirthen überlassen, die in der Gegend zu Hause sind; ganz falsch ist es aber, zu glauben, dass Jemand, weil er Landwirth ist, schon im Stande sei, jeden Acker richtig zu beurtheilen; er kann dies nur in der Gegend, wo er zu Hause ist und neben den Aeckern aufgewachsen, die er beurtheilen soll. In einer fremden Gegend wird das Urtheil des praktischen Landmannes oft gar schief ausfallen.

Viertes Kapitel.

Von der Bodenverbesserung oder Melioration.

Der Ackerbau hat nicht allein die Aufgabe, Pflanzen überhaupt zu erzeugen; es sollen vielmehr möglichst viele Pflanzen der für ihre Verwendung besten Art, also Pflanzen von bestimmten Eigenschaften auf die vortheilhafteste Weise erzeugt werden. Je mehr die Bevölkerung eines Landstriches zunimmt, desto mehr steigern sich die Bedürfnisse, desto höhere Anforderungen müssen an den Ackerbau gestellt werden. So lange die Bevölkerung dünn ist, wird man nur die besten Bodenarten bebauen; vermehrt sie sich, so muss man nicht nur den geringern Boden auch kultiviren, sondern man wird darauf denken, durch Verbesserungen aus der gleichen Fläche mehr Früchte zu erzielen. Bei diesen Verbesserungen handelt es sich vor allen Dingen um den Kostenpunkt, und bevor man die Melioration eines schlechten Bodens beginnt, ist die Frage zu prüfen, ob man nicht mit geringern Kosten die zu gewinnenden Produkte aus andern Gegenden beziehen kann. Sehr oft wird man jedoch finden, dass schon ein geringer Kostenaufwand hinreicht, um einem undankbaren Boden die Eigenschaften zu ertheilen, die ihn in einen recht tragfähigen

verwandeln. Wie sich durch den Fortschritt der Naturwissenschaften und der mechanischen Gewerbe unsere Hülfsmittel immer mehr und mehr vervollkommnen, wird es auch immer mehr möglich werden, bisher unbenutzten oder wenig erträglichen Boden in brauchbaren und fruchtbaren zu verwandeln, und auf diese Weise das Gespenst der Uebervölkerung, das in vielen Köpfen spukt, zu verscheuchen; es wird dies um so nothwendiger, je höher das Bedürfniss nach Pflanzenstoffen steigt. Denn wie man in einem Gefäss von bestimmter Grösse auf einmal nur eine begrenzte Menge von Fleisch kochen kann, um es geniessbar zu machen, so kann auch auf einer begrenzten Bodenfläche auf einmal nur eine bestimmte Menge von Stoffen, ein Maximum, in organische Materie verwandelt werden, in Pflanzensubstanz; die Art der Pflanzen und das Klima bedingen dieses Maximum eben so sehr, als die Beschaffenheit des Bodens. Es ist daher die Aufgabe, die kulturfähige Fläche zu vergrössern. Auf der andern Seite kann man durch Verbesserung der Apparate dennoch auf einmal in gleich grossen Gefässen mehr produziren; eben so kann man durch Verbesserung des Bodens die Tragfähigkeit desselben erhöhen.

Die Eigenthümlichkeiten der Pflanzen können wir sehr wenig, die des Klimas gar nicht verändern, und es bleibt uns nur der Boden übrig, auf den wir unsere Thätigkeit zu richten haben, sei es, dass wir ihm Nahrungsmittel zuführen, sei es, dass wir ihn dauernd verändern durch Eingreifen in die Konstitution desselben. In dieser Beziehung unterscheidet sich der Ackerbau durchaus nicht von andern technischen Gewerben. In frühern Zeiten presste man durch Walzen den Zuckersaft aus dem Zuckerrohr und verlor dabei einen grossen Theil des Saftes; den erhaltenen Saft kochte man in offenen Gefässen über freiem Feuer ein, und wiederum ergab sich ein nicht unbedeutender Verlust. Jetzt kocht man den Saft, den man mit hydraulischen Pressen gewonnen hat, in Vacuumpfannen ein, so dass es sogar möglich geworden ist, aus viel zuckerärmern Pflanzen, den Rüben, den Zucker zu gewinnen und mit dem

Kolonialzucker zu konkurriren, weil wir den Vortheil der bessern Apparate voraus haben. So muss auch der Landwirth seinen Apparat, das ist der Acker, verbessern, wodurch es ihm möglich wird, oft mehr aus seinem ärmern Boden und in einem ungünstigern Klima zu erzielen, als ein Anderer aus reichem Boden bei fruchtbarem Klima, wenn er nicht ein Gleiches thut. Nicht immer ist der grössere Erfolg da, wo die grössern Hülfsmittel sind, sondern sehr oft da, wo Intelligenz den Mangel ersetzt.

Die Arbeiten, welche auf eine dauernde Verbesserung des Bodens gerichtet sind, insoweit sie sich also nicht auf eine Zufuhr von Nahrungsmitteln erstrecken, welche immer wiederholt werden muss, pflegt man Meliorationsarbeiten zu nennen; die hauptsächlichsten derselben wollen wir hier näher betrachten. Die Meliorationsarbeiten haben unter allen Umständen den Zweck, dem Boden einen fehlenden Gemengtheil zuzuführen oder einen ihm nachtheiligen zu entfernen.

Die einfachste und Jedem von selbst einleuchtende Verbesserung besteht darin, grössere Trümmer von Gesteinen aus dem Boden zu entfernen, indem diese einerseits den Beackerungsarbeiten hinderlich sind, anderseits den Wurzeln nicht gestatten, sich nach allen Seiten frei auszubreiten. Hier hilft immer nur ein Auslesen mit der Hand, und es bedarf diese Art der Verbesserung keiner weitern Betrachtung.

Unter allen Bestandtheilen des Ackerbodens veranlasst das Wasser die häufigsten Meliorationen, indem es bald im Uebermass vorhanden ist, bald mehr oder weniger mangelt; wir wollen daher diese Arbeiten zunächst einer Betrachtung unterziehen.

Entwässerung und Bewässerung.

Die nachtheiligen Folgen des Wassermangels sind zu einleuchtend, um eine weitläufigere Besprechung zu erfordern; denn wo kein Wasser vorhanden ist, können die im Boden enthaltenen nährenden Substanzen nicht gelöst werden; da

die Pflanzen aber nur gelöste Stoffe aufnehmen, so kann bei vollständigem Wassermangel von einer Pflanzendecke selbstverständlich keine Rede sein; wo aber auch kein absoluter Wassermangel herrscht, sondern die Wassermenge nur eine geringe ist, muss die Vegetation aus Mangel an Nahrung eine dürftige bleiben, weil den Pflanzen nur wenig Nahrungsflüssigkeit zugeführt wird; es geht dann den Pflanzen, wie dem Menschen, der bei mangelhafter Nahrung bald verfällt. Der Wassermangel ist aber häufig eine Folge des schlechten Bodens, und alle Mittel, welche dazu dienen, den Boden zu verbessern, tragen mittelbar zur Vergrösserung der wasserhaltenden Kraft, zur Vermehrung des Wassers bei, wie umgekehrt eine Zufuhr von Wasser einen grossen Theil der schlechten Eigenschaften eines Bodens minder nachtheilig machen kann.

Im Allgemeinen wird in Europa der Boden, mit Ausnahme der Wiesen, nicht direkt bewässert, während dies in einigen Theilen China's im grossen Massstabe ausgeführt wird, weil die Kulturpflanzen der Chinesen, der Reis, eine Bewässerung verlangen; auch die Zuckerrohrplantagen werden vielfach bewässert.

Wo das Land gegen die benachbarten Seen und Flüsse nicht zu hoch liegt, lässt sich oft schon durch wenige Gräben, wenn anders das Gemenge des Bodens so beschaffen ist, dass es kapillarisch wirken kann, eine recht vortheilhafte Bewässerung herstellen. Hat man elementare Kräfte, z. B. Wassergefälle zur Verfügung, so lassen sich diese mitunter recht vortheilhaft zur Bewässerung benutzen, und wir glauben, dass hier noch viel für den Ackerbau geschehen kann. In den meisten Fällen jedoch sind die klimatischen Verhältnisse die Ursache eines in gewissen Jahreszeiten eintretenden Wassermangels. Gegenden, die früher reich und fruchtbar waren, haben mit der fortschreitenden Entwaldung ihre frühere Fruchtbarkeit mehr oder weniger eingebüsst. Die Waldungen erzeugen durch die grosse Verdunstungsoberfläche eine stärkere Abkühlung; wenn nun mit Wasserdampf geschwängerte Luft-

ströme die Wälder treffen, so müssen sie in Folge der Abkühlung einen Theil des Wassers abgeben; auf der andern Seite vermindern die Waldungen, indem sie die Winde brechen, die austrocknende Kraft derselben. Wo aber die Waldungen ausgerottet sind, da streichen die Lüfte ungehindert über die Landschaft hin, ohne von ihrem Wasserreichthum abzugeben und die Felder zu befruchten; die trocknen Winde befördern die Verdunstung und entwässern den Boden noch mehr. Diesen Nabhtheilen lässt sich auf verschiedene Weise bis zu einem gewissen Grade abhelfen. Die Gemeinden und Staaten sollten darauf sehen, dass die Wälder nur mit der grössten Vorsicht niedergelegt werden; denn nicht immer ist eine für den Ackerbau gewonnene Fläche ein wirklicher Gewinn für die Produktionsfähigkeit einer Gegend; was an Fläche gewonnen wird, kann an Fruchtbarkeit verloren gehen. Wo die Entwaldung schon zu weit gediehen ist, sollte man wieder die Hügel bewalden. Im Einzelnen lässt sich viel dadurch erreichen, dass man in den Feldmarken Hecken anpflanzt. Diese halten die Luftströmungen in der Nähe des Bodens auf und vermindern so die Verdunstung, so dass dem Boden mit dem Wasser zugleich die Wärme erhalten wird, welche zur Verdunstung verbraucht würde; denn es ist eine bekannte Erscheinung, dass die Verdunstung um so schneller von Statten geht, je heftiger die Windströmungen sind. Man erkältet sich in der Zugluft nicht um deswillen, weil man etwa von kalter Luft getroffen wurde, sondern weil die Zugluft die Ausdünstung unserer Haut befördert; bei jeder Verdunstung wird aber durch den Dampf Wärme gebunden, die in diesem Falle unserem Körper entzogen werden muss.

Es ist selbstverständlich, dass man die Hecken so anzulegen hat, dass die herrschenden Winde rechtwinklig auf dieselben treffen. Weil aber in unsern Gegenden die Ost- und Westwinde vorherrschen, so müssen die Hecken die Richtung von Nordwest nach Südost haben. Nicht zu verkennen ist allerdings, dass die Hecken einige Nachtheile haben, indem sie das Feld beschatten und im Frühjahr der Schnee in deren

Nähe etwas länger liegen bleibt; doch sind diese Nachtheile im Ganzen unerhebiich.

Endlich sei hier noch des Einflusses Erwähnung gethan, welchen der Dünger auf den Wassergehalt des Bodens hat; er ist wie der Humus unter allen Substanzen am meisten befähigt, Wasserdampf aus der Luft zu verdichten, und kann so eine Quelle des Wassers für den Boden werden. Ein humusreicher, gut gedüngter Boden hat weniger von der Dürre zu leiden.

Die Nachtheile des zu grossen Wassergehaltes eines Bodens beruhen im Wesentlichen darauf, dass das Wasser den Zutritt der Luft verhindert. Dadurch wird die Zersetzung der Humusbestandtheile eine solche, dass Stoffe entstehen, welche nicht nur nicht als Nahrungsmittel dienen können, sondern welche sogar auf die meisten Kulturpflanzen wie Gifte wirken; dagegen rufen sie eine Vegetation hervor, die der Sumpfpflanzen, unter welcher die Kulturpflanzen ebenfalls zu Grunde gehen müssen.

Es handelt sich hier zunächst um die Ursachen, durch welche dem Boden zu viel Wasser zugeführt oder erhalten wird, indem sich nach der Art derselben auch die Abhülfe zu richten hat. Wird das Wasser einzig und allein durch eine zu starke Haarröhrenanziehung in dem Boden festgehalten, so kann man es nicht unmittelbar entfernen; man muss auf Umwegen zum Ziel zu kommen suchen. Ist ein Boden sehr fein vertheilt und besteht aus solchen Substanzen, welche das Wasser stark anziehen und mit grosser Hartnäckigkeit festhalten, wie Thon und Humus, so kann der Wassergehalt unter Umständen leicht zu gross werden. Hier lässt sich kaum etwas Anderes thun, als den Boden mit Quarzsand oder grobem Kalksand zu mengen, wodurch die Verdunstung vermehrt, die wasserhaltende Kraft vermindert wird; ein sorgfältiges Auflockern wird ebenfalls von günstigem Erfolge sein; auch kann die später zu betrachtende Drainirung, wenigstens in den nassen Jahreszeiten, beitragen, einen Theil des Wassers abzuleiten.

Bei weitem in den meisten Fällen hat die zu grosse Wassermenge eines Ackers ihre Ursachen in den Lagerungsverhältnissen der Bodenschichten, wo sich die überschüssigen Wässer oft unmittelbar durch offene Gräben oder Drainröhren ableiten lassen.

Zum nähern Verständniss wollen wir die am häufigsten vorkommenden Lagerungsverhältnisse etwas genauer betrachten.

Nehmen wir an, der Acker habe zu oberst eine Schicht, welche das Wasser leicht durchlässt; unter dieser aber befinde sich ein muldenförmiges Thonlager, welches das Wasser aufhält. Fig. 18 Tafel II möge das eben Gesagte veranschaulichen, indem *a* die durchlassende Schicht, *b* die Thonschicht bezeichnet. Alles Wasser, welches durch Regen oder Schnee aus der Atmosphäre, aus Quellen oder höher gelegenen Wasseransammlungen durch Druck in dies Becken gelangt, wird sich darin ansammeln und das Becken ausfüllen, wenn die Verdunstung nicht gross genug ist, eine äquivalente Menge zu entfernen. Liegt die Thonschicht nicht zu tief und befindet sich unter ihr wieder Sand, von wo aus ein Abfluss möglich ist, so ist das einfachste und am wenigsten kostspielige Mittel, die Schicht Thon an verschiedenen Stellen mit Röhren zu durchsetzen, so dass das Wasser durch die Löcher in den unten befindlichen Sand entweichen kann. Natürlich müssen diese Oeffnungen an den tiefern Stellen der Mulde angebracht werden.

Befindet sich aber unter der zweiten Sandschicht ein dem obern ähnlich gebildetes Thonlager, so können die Löcher Nichts nützen, indem sich auch die untere Sandschicht bald voll saugen würde. In diesem Falle muss man Gräben anlegen, welche den aufgebogenen Rand der Thonmulde durchbrechen; es ist selbstverständlich, dass die Gräben so zu ziehen sind, dass sie ein Gefäll haben. Versieht man die Gräben mit Schleusen, so kann man damit den Wasserabfluss reguliren. Bei einem sehr durchlassenden Boden kann die Zahl dieser Kanäle beschränkt sein, und oft wird ein einziger

genügen, wenn er nur so gezogen ist, dass der Boden sich allseitig zu ihm hinneigt. Bei einem Boden von grösserer wasserhaltender Kraft ist es nothwendig, verschiedene schmale Quergräben nach dem Hauptkanal zu führen. Was die Tiefe der anzulegenden Gräben betrifft, so wird sie da am geringsten sein müssen, wo der aufliegende Boden sehr leicht durchlässt, weil anders die Austrocknung bald zu weit getrieben werden könnte. Als Regel kann man annehmen, dass eine Tiefe von zwei bis fünf Fuss für alle Fälle ausreicht.

Wenn ein Ackerland am Fusse einer Erhebung liegt und hier entspringende Quellen keinen andern Ausweg haben, als in den durchlassenden Boden desselben, weil unterhalb eine Thonschicht sich befindet, die horizontal liegt, so ist es oft möglich, die Quellen am Fusse der Erhebung, von woher sie kommen, durch einen tiefen Graben abzuleiten; im Nothfall verlettet man die Wand des Grabens an der Seite, wo der Acker liegt.

Liegt endlich die Oberfläche nur wenig höher als der Spiegel der nächsten Wasseransammlungen in Flüssen oder Teichen, so nützen Gräben nur wenig, da sie allein das durch Regen oder Schnee auf den Boden gelangende Wasser aufnehmen können. Hier ist nur eine Erhöhung des Bodens erspriesslich. Wo dies jedoch nicht durch Abfahren nahe gelegener Hügel ausführbar ist, kann man noch auf die Weise einen Theil des Bodens verwerthen, dass man gewölbte Beete aufwirft, indem man theilweise vertieft.

Eine andere Annahme ist die, dass die obere Schicht aus Lehm oder Thon bestehe, welche Erdarten das Wasser, das in Form von Regen und Schnee auf sie fällt, nur langsam aufsaugen. Auf solchen Aeckern bilden sich nach jedem Regen Tümpel, in denen das Wasser tagelang steht, wenn sonst auch der Boden Gefälle hat. In diesem Falle ist es die erste Aufgabe, das Land beim Beackern möglichst sorgfältig zu ebenen und an der tiefsten Stelle flache Gräben anzulegen, in welche das überschüssige Wasser abfliessen kann. Bei grössern Grundstücken hat man einen Hauptgraben nöthig,

in welchen die Nebengräben münden; seine Breite und Tiefe ist durch die Menge des Wassers und durch die Neigung des Gefälles bedingt. Je fetter ein solcher Boden ist, um so grösser muss die Zahl der Gräben werden; ein zu starkes Austrocknen kann hier kaum eintreten, weshalb man auch den Hauptgraben unbedenklich vertiefen kann.

Es ist selbstverständlich, dass durch die Anlegung offener Gräben in den Ackern die Oberfläche, welche bebaut werden kann, nicht unbedeutend vermindert wird, und zwar um so mehr, je grösser die Zahl der Gräben ist; ausserdem ist aber noch die Wirkung derselben oft eine sehr mangelhafte. In gebirgigen Gegenden, wo die Ackerflächen schon an und für sich sehr beschränkt sind, tritt dieser Uebelstand bei nothwendiger Entwässerung um so bedeutender hervor. Daher haben die Landleute in solchen Gegenden schon in frühern Zeiten mit Feldsteinen in ihren Aeckern unterirdische Kanäle erbaut, versteht sich ohne Mörtel. Dadurch sind im Innern des Erdreichs grössere Hohlräume erzeugt, die das Wasser bequem ableiten können, wenn sie, wo nothwendig, mit Gefäll angelegt sind. An den Fugen, wo die Steine zusammenstossen, sickert das Wasser aus dem darüberliegenden nassen Boden in die Kanäle, und es bewegt sich in ihnen, dem Gesetz der Schwere folgend, um so leichter abwärts, als der Bewegung kein Hinderniss im Wege steht, wie dies bei den engen Poren des Erdreichs der Fall ist. In der Grafschaft Glatz in Schlesien haben wir derartige Kanäle allgemein verbreitet gesehen.

Weil man aber nicht überall passende Feldsteine zur Verfügung hat, auch die Arbeit viel Zeitverlust verursacht, so ist die D r a i n i r u n g oder Entwässerung durch Thonröhren, welche in neuerer Zeit in der Landwirthschaft eingeführt und schon weit verbreitet ist, bei weitem allgemeiner und auch weniger kostspielig ausführbar. Die Drains oder Thonröhren sind überall leicht zu haben, die Arbeit ist schneller abzuthun, und die einmal ausgeführte Melioration unterliegt weniger häufigen Störungen. Die Drainirung kann natürlich nur da

von Nutzen sein, wo ein nicht zu geringes Gefälle vorhanden ist, weil in den Röhren wegen ihrer Enge eine bedeutende Reibung stattfindet und dadurch der Wasserstrom aufgehalten wird. Bei der Anwendung der Drains geht keine Oberfläche verloren, weshalb man sie in unbeschränkter Zahl anwenden kann, so dass sie in Folge ihrer Menge auf einem Boden noch von Nutzen sein können, wo Gräben gar keinen Erfolg haben. Allerdings werden in der Regel noch einige Gräben nöthig sein, welche im Frühjahr das Schneewasser wegführen, da beim schnellen Thauen das Wasser nicht rasch genug durch den Boden zu den Röhren gelangt.

Die Drains sind ein bis zwei Fuss lange Thonröhren von drei bis sechs Zoll lichter Weite, theils mit einer Glasur versehen, theils ohne dieselbe. Man legt sie ohne Bindemittel mit ihren offenen Enden aneinander, so dass sie unterirdische Kanäle bilden. Indem das Wasser durch den hydrostatischen Druck nach unten gedrängt wird, trifft es auf diese Fugen; weil hier der geringste Widerstand zu überwinden ist, gelangt es in die Röhren, durch die es auf der geneigten Sohle leicht abfliesst. Früher wendete man allgemein nur unglasirte Röhren an, weil man glaubte, das Wasser dringe hauptsächlich durch die Poren des gebrannten Thones. Die Menge des so abgeleiteten Wassers würde jedoch sehr gering sein, und Versuche haben gezeigt, dass man mit fast eben so grossem Vortheil glasirte Röhren anwenden kann, welche den Vortheil der geringern Zerbrechlichkeit haben.

Je tiefer man die Röhren legt, desto weiter lassen sich die einzelnen Stränge von einander entfernen, um einen gleichen Effekt zu erzielen; doch ist es nicht rathsam, zu tief zu gehen, besonders bei schwerem Boden, weil mit der Tiefe der Widerstand offenbar steigt, den das Wasser im Erdreich findet. Im Allgemeinen bringt man die Drains in einer Tiefe von drei bis zehn Fussen an, je nachdem der Boden weniger oder mehr im Stande ist, das Wasser durchzulassen.

Fassen wir noch einmal in der Kürze zusammen, wodurch der Wassergehalt eines Bodens verändert werden kann,

so geschieht dies entweder durch eine Veränderung der Mischungsverhältnisse der einzelnen Erdarten desselben, oder durch Beschleunigung, respektive Verzögerung der Verdunstung, oder durch unmittelbares Zuführen und Ableiten des Wassers. Kein Landwirth aber sollte die Nothwendigkeit derartiger Arbeiten zu gering achten, da er oft durch Aufwendung geringer Mittel grosse Strecken unfruchtbaren Landes dem Ackerbau gewinnen und dadurch seinen Wohlstand heben kann. Allerdings erfordern diese Arbeiten mitunter ein grosses Anlagekapital, und die Kreditverhältnisse sind leider auf dem platten Lande noch ganz unentwickelt. Stellt sich aber durch eine sorgfältige Prüfung aller Verhältnisse heraus, dass die Unkosten unter allen Umständen gedeckt werden, so sollte man die Melioration nie unterlassen. Eben so sehr wollen wir aber vor allen unüberlegten Verbesserungsarbeiten warnen, denn nicht selten verzehren dieselben ein Kapital, das der Boden nie zu verzinsen vermag. Vor allen Dingen hüte man sich vor Pfuschern und Charlatanen, die in ihrem eigenen Interesse die Leute zu Unternehmungen zu bewegen suchen, von denen sie keine Vorstellung haben; sie versprechen goldne Berge auch da, wo man ohne Vortheil Berge von Gold in den Boden stecken muss.

Meliorationen durch Zufuhr von Erdarten.

Häufig kann ein Acker schon durch eine geringe Zufuhr von Erdarten dauernd verbessert werden; man sollte daher diese Arbeiten, selbst wenn sie etwas kostspielig erscheinen, nicht versäumen, da der Acker durch dieselben, ungleich der Düngung, Eigenschaften für ewige Zeiten erhalten kann, die seinen Werth bedeutend steigern. Da übrigens die Erdoberfläche, wie wir in einem frühern Kapitel gesehen haben, aus Schichten besteht, so ist es oft möglich, schon durch eine tiefere Bearbeitung die gewünschte Erdart allmälig an die Oberfläche zu bringen und mit der Ackerkrume zu mengen. Wo dagegen die gewünschten Substanzen tiefer liegen,

kann es vortheilhaft erscheinen, sie an einzelnen Stellen ausgraben zu lassen; wenn sie sich aber gar nicht oder zu tief in dem zu verbessernden Boden befinden, so müssen sie herbeigefahren werden.

Wenn man einen bindigen, sehr zähen Thonboden hat, welcher die Beackerung im höchsten Grade erschwert und für die Kultur fast unbrauchbar ist, weil weder die Pflanzenwurzeln, noch die atmosphärische Luft und das Wasser eindringen können, so wird eine Zufuhr von Sand den Boden ungemein verbessern und ihn bei hinreichender Menge in einen äusserst fruchtbaren verwandeln können; denn der Quarzsand ist, wie wir oben sahen, eine nothwendige Bedingung jedes fruchtbaren Ackerbodens. Da der Sand nicht erst an der Luft zu verwittern braucht, so kann man diese Arbeit zu jeder Jahreszeit ausführen.

Mitunter kommen Bodenarten vor, die aus einem äusserst feinen Kalkschlamm bestehen, welcher ähnliche Eigenschaften wie der Thon zeigt; auch hier wird eine Mengung mit Sand nur vortheilhaft wirken.

In beiden von uns erwähnten Fällen kann man den Sand durch Moder ersetzen; man darf jedoch zur Verbesserung eines sehr schweren, bindigen Bodens nicht sehr zersetzten Moder anwenden, weil dieser die wasseranziehende Kraft noch verstärken würde, statt sie zu schwächen. Man wählt hier solche Torfmassen, die möglichst zerfallen und staubig sind, sich daher leicht und vollständig mit dem Thon mengen lassen.

Hat man einen reinen Moorboden, so ist dieser zwar, ungleich dem reinen Thonboden, für die Kultur gewisser Gewächse einigermassen brauchbar. Eine Zufuhr von Sand verbessert ihn aber ausserordentlich und ist fast mühelos, wenn derselbe in der Nähe in genügender Menge zu haben ist. Man bedeckt den Moor während des Winters mit einer einige Zoll hohen Sandschicht und kann im Frühjahr in diese Schicht Hafer säen, ohne weitere Beackerungsarbeiten nöthig zu haben. Bei etwas grösserer Nässe des Moores wiederholt man im

nächsten Winter und Frühjahr dieselben Arbeiten; im folgenden Jahre kann man den Boden alsdann umackern, da die Grasnarbe unter dem Sande vergangen ist, und kann nun Wintergetreide säen. Bei noch grösserer Nässe aber muss der Moorboden zuvor entwässert werden, weil anders auf dem nassen Sandboden eine Sumpfvegetation von Binsen, Rietgräsern und Schachtelhalmen sich bilden würde, wie sie dem Ackerbau Nichts weniger als vortheilhaft ist.

Was die Zufuhr von Lehm betrifft, so bewirkt sie unter allen Umständen eine Verbesserung des Sandbodens, und zwar nach zwei Seiten hin. Denn theils wird derselbe durch den zugeführten Lehm bindiger und erhält eine grössere wasseranziehende Kraft, kurz alle die Eigenschaften, welche einen Acker, insofern wir ihn nur als Werkzeug betrachten, fruchtbarer machen; theils enthält aber der Lehm selbst pflanzliche Nahrungsmittel, die zwar noch nicht zersetzt sind, sich doch aber mit der Zeit durch die Einwirkung der Luft und des Düngers zerlegen und so mittelbar den Acker bereichern. Indem der Lehm den Boden bindiger macht, kann die Luft minder leicht in den Boden dringen, daher wird der demselben beigemengte Dünger weniger schnell zersetzt, wie dies in reinem Sandboden der Fall ist. Da auf diese Weise von den Nahrungsmitteln weniger verloren geht, kann man den Lehm, abgesehen von seinem eigenen Gehalt von zur Zeit noch nicht verwendbaren Nahrungsmitteln, einer gewissen Menge des Düngers gleich achten; man darf diese weniger auf den Acker geben, um einen eben so grossen Ertrag zu erzielen, als vorher mit mehr Dünger. Eine Zugabe von zehn Prozent Lehm zu dem Sandboden kann oft einen Acker ungemein verbessern und ist bei weitem weniger kostspielig, als eine jährlich sich wiederholende Düngung mit Guano und andern Düngstoffen, die man oft mit grossen Kosten weit über das Meer herbeiholt, während im Acker selbst das nöthige Material vorhanden ist, womit man ihn ertragreicher machen könnte. Leider giebt es gerade in der Landwirthschaft des Vorurtheils und des Schlendrians noch so viel, wie kaum

irgend wo; gegen eine Verbesserung des Bodens durch Lehm herrscht in einigen Gegenden eine wahrhafte Abneigung.

In vielen Fällen lässt sich in Folge der Lagerungsverhältnisse die erwähnte Verbesserung schon durch Tiefpflügen oder durch eine tiefe Bearbeitung mit dem Spaten ausführen; unter andern Verhältnissen muss man jedoch den Lehm herbeifahren.

Unter keinen Umständen darf man den herbeigefahrenen Lehm sofort über den Acker ausbreiten oder ihn gar unterpflügen; er muss vielmehr auf längere Zeit, am besten einen Winter und dann einen Sommer hindurch in nicht zu grossen Haufen liegen bleiben. Wenn die Haufen mässig gross sind, können die atmosphärischen Wässer und die Luft eindringen und die eingeschlossenen organischen Reste, wenn solche vorhanden, zersetzen. Die auf diese Weise frei werdende Kohlensäure wirkt theils mechanisch auflockernd, theils chemisch zersetzend. Im Winter gefriert das eingedrungene Wasser, und die Ausdehnung des Eises unterstützt die Wirkung der eingeschlossenen Gasarten; das Zerfallen des Lehmes wird beschleunigt und die Mengung desselben mit dem Sande erleichtert. Ist der Lehm mergelartig, d. h. enthält er Kalk, so geschieht die Zerkrümelung noch schneller; wo der Kalk fehlt, kann man ihn zum Lehm geben. Die innige Mengung des Lehmes mit dem Sande ist die Hauptbedingung für einen günstigen Erfolg; man muss zu diesem Ende die passendsten Ackergeräthschaften wählen.

Einen ganz vorzüglichen Nutzen gewährt es, wenn man Lehm und Moder oder Dünger in Haufen liegen und sich zersetzen lässt und das erhaltene Produkt dem Boden beimengt. Die Wirkung des Düngers besteht nicht allein in der mechanischen Lockerung des Lehmes, sondern auch darin, dass die dem Thon beigemengten Mineralien zum Theil zersetzt und löslich gemacht werden.

Die Wirkung des Moders auf Sandboden ist im Allgemeinen der des Lehmes ähnlich. Auch den Moder darf man nicht sofort mit dem Sande mengen wollen, weil er unzersetzt

mitunter eher nachtheilig als vortheilhaft wirkt. Er muss vielmehr in mässig grossen Haufen aufgeschüttet, mit Kalk und Asche gemengt und, wenn es sein kann, von Zeit zu Zeit mit Jauche begosssen werden. Die so behandelten Haufen haben im Innern eine ziemlich gleich bleibende Feuchtigkeit und nehmen in Folge der Gährung eine höhere Temperatur an, welche die vollständige Zersetzung ausserordentlich beschleunigt. Die Beimengung von Kalk ist nicht allein deswegen wichtig, weil derselbe die Zersetzung befördert, sondern auch um deswillen, weil er die sauren Humuskörper bindet und sie so für die Pflanzen unschädlich macht.

An Orten, wo Moder und Lehm mit gleichem Kostenaufwande herbeigeschafft werden können, könnte man zweifelhaft sein, ob die eine oder die andere Substanz vortheilhafter zu verwenden sei? Fassen wir jedoch die Wirkung derselben ins Auge, so lässt sich die Frage leicht entscheiden. Der Lehm vergrössert nicht nur die wasserhaltende Kraft des Sandes, sondern er macht ihn auch bindiger, verhindert somit den allzuleichten Luftzutritt und giebt den Pflanzen einen grössern Halt im Boden; der Moder vergrössert zwar auch die wasserhaltende Kraft des Sandes, aber er macht unter Umständen die Ackerkrume noch lockerer; daher ist von vornherein die Zufuhr von Lehm der von Moder vorzuziehen. Am vortheilhaftesten dürfte es übrigens sein, ein Gemenge beider Substanzen anzuwenden, doch mit vorherrschendem Lehmgehalt.

Die Kalkung und Mergelung des Bodens wird häufig als eine wahrhafte Düngung des Bodens betrachtet, weil ihre Wirkung so ausserordentlich in die Augen springt. Dennoch geht man mit dieser Auffassung zu weit, da die hauptsächlichsten Kulturpflanzen, besonders die Getreidearten, eine ausserordentlich geringe Menge Kalk als Nahrung bedürfen und schon ein sehr kleiner Kalkgehalt im Boden eine gesättigte Lösung giebt; denn der kohlensaure Kalk ist sehr schwer löslich. Mittelbar wird dagegen durch den Kalk die Menge der im Boden befindlichen Nahrungsmittel vermehrt, und hierin ist seine eigentliche Wirksamkeit begründet. Wenn den

Pflanzen mehr Nahrungsmittel zugeführt werden, geschehe dies auch indirekt durch Stoffe, die nicht selbst Nahrungsmittel oder doch nur in beschränktem Masse sind, so haben sie doch die Wirkung wirklich nährender Substanzen.

Der Kalk wirkt, wie wir schon öfter hervorhoben, zersetzend auf die dem Boden beigemengten Mineralien ein und vermehrt dadurch die Quantität der löslichen Salze, er macht die Nahrungsmittellösung konzentrirter. Dass der Kalk diese Wirkung hat, ist eine bewiesene Thatsache; man benutzt ihn deshalb in den chemischen Laboratorien zur Aufschliessung mancher Mineralien, d. h. zur Löslichmachung. Aber darin allein besteht die Wirkung des Kalkes auf den Acker nicht, weil er selbst Bodenarten auffallend verbessert, die wenig oder keine Mineralien beigemengt enthalten. Sein Nutzen besteht auch darin, dass er die humosen Bestandtheile angreift, ihre Verwesung beschleunigt und die sauren Zersetzungsprodukte bindet, welche nachtheilig auf die Kulturgewächse einwirken würden; um also sogenanntem sauren Boden seine schädlichen Eigenschaften zu nehmen, hat man kein besseres und billigeres Mittel als die Kalkung.

Wer aber glaubt, durch Kalk den Dung ersetzen zu wollen, ist in einem gewaltigen Irrthum befangen; der Kalk kann nicht andere Nahrungsmittel ersetzen, er kann sie nur in einen Zustand überführen, in welchem sie für die Pflanzen geniessbar sind. Auf einem Boden, der weder Mineralien enthält, noch Dung oder Humus, wird daher der Kalk ohne allen Erfolg sein; ein Zuviel des Kalkes tritt da ein, wo er mehr Stoffe löslich macht, als assimilirt werden; hier zerstört er das Stammkapital des Ackers.

An einer andern Stelle haben wir schon erwähnt, dass der kohlensaure Kalk den Boden insofern verbessern kann, als er in Form eines grobkörnigen Sandes den Thonboden auflockert, als feiner Staub den Sandboden bindiger macht und wasserhaltender.

Der Mergel, der ein inniges Gemenge von Kalk mit Thon oder Sand ist, wirkt theils wie der Kalk für sich, theils wie

der Thon oder Sand; für einen Thonboden wählt man daher besser Sandmergel, für einen Sandboden dagegen Lehmmergel.

Bei der Ausführung der Kalkung bedient man sich am zweckmässigsten des gebrannten Kalksteines oder des gebrannten Mergelkalkes, den man entweder in Haufen auf dem Acker durch die Einwirkung der Luftfeuchtigkeit oder durch Benetzen mit wenig Wasser zerfallen lässt. Man erhält dann einen feinen Staub, den man leicht verstreuen und mit der Ackerkrume mengen kann. Zwar ist der kohlensaure Kalk von gleichem Erfolge, aber in weit geringerm Masse, und seiner Anwendung steht besonders der Umstand entgegen, dass man ihn nicht leicht fein zertheilen kann.

Die Wirkung des Bauschuttes ist eine Folge des Kalkgehaltes.

Die Verwendung der Kalkmilch, in welcher in Gasfabriken das Gas gewaschen ist, wirkt noch dadurch vortheilhafter, dass sie organische Stoffe enthält.

Wo der Kalkstein fehlt, kann man Muscheln, wie an der Seeküste, in gebranntem Zustande benutzen; auch kalkiger Pflanzen, wie der *Chara foetida*, bedient man sich, die um so wirksamer ist, da sie neben den organischen Substanzen noch Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kali und Natron, also wirkliche Nahrungsmittel enthält.

Fünftes Kapitel.

Von der Düngung.

Nachdem wir uns im vorigen Kapitel mit den Arbeiten beschäftigt haben, welche ausgeführt werden müssen, soweit sie die Verbesserung und vortheilhaftere Mischung derjenigen Substanzen betrifft, welche nicht eigentliche Nahrungsmittel sind oder solche werden, sondern welche nur als Vermittler der Pflanzenernährung, als Werkzeug der Produktion dienen, ist unsere nächste Aufgabe die Herbeischaffung und Zubereitung der Nahrungsmittel, oder, um obigen Vergleich beizubehalten, der Rohprodukte für die Fabrikation. Die Meliorationsarbeiten im engern Sinne haben den Zweck, den Boden wo möglich für alle Zeiten zu verändern und zu verbessern; die Düngung kann dies nur auf eine beschränkte Zeit.

Dünger nennt man nur diejenigen Stoffe, welche den Acker an wirklichen Nahrungsstoffen bereichern, sei es, dass diese schon in löslicher Form in demselben enthalten sind, daher von den Pflanzen sofort aufgenommen und verarbeitet werden können, sei es, dass sie durch den Einfluss des atmosphärischen Sauerstoffs, der Feuchtigkeit und der Wärme

in nicht gar langer Zeit aus den Bestandtheilen des Düngers entstehen. Weil aber von den Pflanzen ausser den unorganischen Salzen nur Kohlensäure, Ammoniak und Wasser aufgenommen und verarbeitet werden, so enthält der Dünger in dem Augenblicke, wo er auf den Acker kommt, nur wenig fertige Nahrungsmittel; es ist daher immer eine gewisse Zeit nöthig, innerhalb welcher jene Veränderung und Zersetzung des Düngers erfolgt.

Die Düngung eines Ackers kann zwei ganz verschiedene Zwecke verfolgen, und es ist in jedem Falle für den Landmann von der äussersten Wichtigkeit, sich seines Zweckes bewusst zu werden und demgemäss die nöthigen Materialien zu wählen; ohne die richtige Wahl sind Verluste an Zeit und Geld unvermeidlich. Fehlen einem Acker die Nahrungsmittel, so müssen dieselben direkt herbeigeführt und auf dem Acker vertheilt werden; alle übrigen Arbeiten sind sonst unnütz. Ist dagegen die Ursache der Unfruchtbarkeit die, dass sich die dem Boden beigemischten nährenden Substanzen in einem solchen Zustande befinden, wie sie nicht aufgenommen und verarbeitet werden können, auch wenn sie in reichlichster Menge zu Gebote stehen, so ist die Aufgabe gelöst, wenn man solche Stoffe auf den Acker bringt, welche die Zersetzung und Löslichmachung der vorhandenen Stoffe bewirken; als ein solches Mittel haben wir den Kalk kennen gelernt. Man kann daher sämmtliche Düngmittel in zwei Arten trennen; in solche, welche selbst nährende Substanzen sind, und in solche, welche nur die Lösung der Nahrungsmittel bedingen; in der Wirklichkeit versehen die einzelnen Substanzen bald diesen bald jenen Dienst, meist beide zugleich. Die eigentliche Nahrungsmittel enthaltenden Düngerarten sind theils solche, die alle die Stoffe enthalten, welche die Pflanze zu ihrer Ernährung bedarf, theils solche, welche nur einen Theil der Nahrungsmittel liefern.

In keinem Falle dürfte wohl ein Acker aller Nahrungsmittel entbehren; dennoch kann er unfruchtbar, d. h. nicht im Stande sein, den Pflanzen die nöthigen Substanzen zur

Bildung von organischer Materie zu bieten. Die Ursache dieser Erscheinung ist ohne Zweifel in dem Umstande zu suchen, dass stets eine gewisse Quantität nährender Stoffe im Ueberschuss vorhanden sein muss, wenn eine bestimmte Quantität organischer Substanz erzeugt werden soll; die Grösse dieses Ueberschusses ist nicht für alle Pflanzen gleich, sie muss bedeutender sein für Pflanzen, welche eine konzentrirtere Nahrungsmittellösung verlangen, um gedeihen zu können. Wenn daher ein Acker Pflanzen ernähren soll, so muss ein Minimum nährender Stoffe in ihm vorräthig sein; unter diesem Minimum findet eine Vegetation gar nicht statt, obgleich dies Minimum ein Vielfaches der in einer Ernte enthaltenen Stoffe sein kann und meist auch ist. Auf der andern Seite giebt es aber auch ein Maximum von Nahrungsmitteln, über das hinaus die Vegetation eben so unmöglich ist; man sagt, der Boden sei geil. In beiden Fällen tritt ein krankhafter Zustand ein, ähnlich wie beim Menschen, wenn er zu wenig oder zu viel geniesst.

Die Düngung hat demnach die Aufgabe, einem Acker die Stoffe zuzuführen, welche ihm durch eine oder mehre Ernten entzogen sind; doch kann sich dies, wie wir in der ersten Abtheilung weitläufig nachgewiesen haben, streng genommen, nur auf die Salze und zum Theil auf das Ammoniak beziehen, da die Kohlensäure und ein nicht unbedeutender Theil des Ammoniaks aus der Atmosphäre bezogen werden. Werden durch die Düngung dem Boden mehr Stoffe beigemischt, als ihm durch die Ernte entzogen wurde, so kann sich seine Fruchtbarkeit verhältnissmässig erhöhen, und er wird bei sonst gleichen Umständen die erhöhte Ertragsfähigkeit beibehalten, so lange in demselben Verhältniss mit dem Dünger Nahrungsmittel herbeigeschafft werden. Zu gleicher Zeit vergrössert sich damit das stehende Kapital von Nahrungsmitteln, welches im Boden bleibt, denn nicht die ganze Mehrzufuhr wird in organische Materie umgewandelt, abgesehen von den grössern Verlusten durch die Verdunstung und das Auswaschen

nährender Stoffe. Ueberhaupt wird die Vermehrung des Düngers nur so lange vortheilhaft sein, selbst wenn sie noch unter dem Maximum bleibt, als durch die grössere Produktion die Mehrkosten der Düngung gedeckt werden.

Zur Zeit kennen wir noch kein Mittel, wissenschaftlich die Frage zu entscheiden, wie niedrig der Düngungszustand eines Ackers sein darf, ohne ganz unfähig zu werden, überhaupt Pflanzen zu ernähren; eben so wenig, wie hoch er höchstens sein darf, wenn die Fruchtbarkeit nicht abnehmen soll. Alle Beobachtungen und Angaben, die wir in dieser Hinsicht besitzen, sind ganz werthlos, weil sie nicht auf Mass und Gewicht basirt sind; auch widersprechen sich die meisten derselben. Nach unserm Dafürhalten lässt sich die Frage nur in der Art zu einem einigermassen befriedigenden Abschluss bringen, dass man auf Versuchsfeldern, die genau nach ihrer Mischung, ihrem Wassergehalt und allem dem geprüft sind, was von Einfluss auf die Vegetation ist, vieljährige Reihen von Kulturversuchen anstellt.

Wenn man die Ertragsfähigkeit eines Bodens kennt, so lässt sich durch Analysen und Versuche ziemlich genau die Menge der Dungmittel feststellen, welche nöthig ist, um ihn auf einer gleichen Stufe der Fruchtbarkeit zu erhalten, oder aber dieselbe zu erhöhen.

Kennt man nämlich genau die Menge der auf einem Acker geernteten Pflanzen und ermittelt daraus die Quantität der Stoffe, welche durch diese Ernte dem Boden entzogen sind, so hat man nur die entnommenen Salze in anderer Form dem Boden wieder beizufügen, um ihn in einen ähnlichen Zustand zu versetzen, wie er vorher sich befand. Wir sagten soeben, dass wir dem Boden die Salze zuführen müssten, weil die übrigen Bestandtheile, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff zum bei weitem grössten Theile aus der Atmosphäre stammen. Insofern aber pflanzliche Reste durch ihren Kohlenstoffgehalt die physikalische Konstitution des Bodens verändern und verbessern können, muss man allerdings darauf Rücksicht nehmen, sie zu ersetzen. Im Thon- und Lehmboden

geht die Verwesung dieser Substanzen nur langsam vor sich, sie brauchen daher nur selten ersetzt zu werden, oder vielmehr, die bei der Ernte im Boden verbleibenden Reste und Stoppeln sind in vielen Fällen mehr als ausreichend zur Erhaltung ihres Bestandes; im Sandboden dagegen zerfallen die humosen Substanzen sehr schnell, und die Zersetzungsprodukte werden leicht fortgeführt, weshalb sie hier häufig ersetzt werden müssen, wenn anders die physikalische Beschaffenheit sich nicht auf Kosten der Fruchtbarkeit verändern soll.

Was die Aufnahme des Stickstoffs betrifft, so geschieht diese stets unter der Form des Ammoniaks; da aber die Ammoniaksalze nicht ganz so flüchtig sind, als die Kohlensäure und das Wasser, so kann allerdings ihre Menge, wie sie durch den Dünger in den Boden kommt, zur Erhöhung der Fruchtbarkeit bedeutend beitragen, theils als Nahrungsmittel, theils aber durch ihre Eigenschaft, Salze löslich zu machen. Doch erinnern wir daran, dass sie sich kaum einer Rechnung werden unterwerfen lassen, da das kohlensaure Ammoniak besonders sehr flüchtig ist. Am wenigsten Ammoniak wird dem Boden durch solche Pflanzen entzogen, welche den Boden beschatten und die Thauniederschläge vermehren; diese Wirkung haben vor allen andern die Hülsenpflanzen, zu denen die verschiedenen Kleearten gehören. Obgleich eine Kleeernte weit mehr Stickstoff enthält, als eine Weizenernte, so werden doch dem Boden durch letztere bei weitem mehr Ammoniaksalze genommen, theils dadurch, dass die Gräser weit weniger das Thauen befördern, und somit weniger Ammoniaksalze aus der Luft verdichtet werden, theils dadurch, dass sie den Boden nur unvollkommen beschatten, und so dem Verdunsten des kohlensauren Ammoniaks aus dem Boden weniger Hindernisse bereiten.

Aber nicht allein durch die zu kultivirenden Pflanzen wird die Menge der Ammoniak bildenden Stoffe, welche im Dünger enthalten sein müssen, bedingt, sondern sie ist auch abhängig von der Art des Bodens; da der Thon und Lehm

dem Eindringen der Luft und Wärme nicht günstig ist, so können nur wenig Ammoniaksalze verdunstet werden, während der leichte Sandboden diese Verflüchtigung ausserordentlich befördert.

Aus den angestellten Betrachtungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen: Boden von gleichen Eigenschaften muss mit mehr stickstoffhaltigen Materialien gedüngt werden, wenn man Halmfrüchte anbauen will, als wenn man Blattpflanzen kultivirt; auf der andern Seite verlangt der Thon- und Lehmboden bei gleichen Kulturen weniger Stickstoffdüngung, als der leichte Sandboden.

Wenn wir vorhin sagten, dass man die Fruchtbarkeit eines Bodens auf derselben Stufe erhalten könne, wenn man die mit der Ernte ihm entzogenen Stoffe mit dem Dünger ersetze, so kann dies nur soweit Gültigkeit haben, als sie dem Acker in löslicher Form beigemengt werden oder doch im Verlaufe der Vegetation löslich werden. Da dies aber bei den im Gebrauch stehenden Düngemitteln nicht ganz der Fall, diese vielmehr stets einen Theil der Nahrungsmittel in einem solchen Zustande enthalten, dass sie erst durch den Einfluss der verschiedenen Agentien zersetzt werden müssen, so ist es einleuchtend, dass die Ertragsfähigkeit, abgesehen von den Witterungsverhältnissen, immerhin Schwankungen unterliegen wird, je nachdem jene Zersetzung und Verflüssigung schneller oder langsamer erfolgt.

Aus bekannten Analysen und aus der Menge der geernteten Substanzen lässt sich die Quantität der dem Boden entzogenen Salze durch eine einfache Multiplikation berechnen; es möge daher die Zusammensetzung der Aschen der hauptsächlichsten Kulturpflanzen folgen, wie sie Schulz-Fleeth mittheilt.

100 Theile der Asche enthalten	Weizen				Roggen		Gerste		Hafer	
	Korn	Stroh	Korn	Stroh	Korn	Stroh	Korn	Stroh	Korn	Stroh
Kali	23,18	0,68	33,15	11,79	34,50	15,47	24,97	12,69	15,95	21,72
Natron	3,09	—	—	—	—	—	0,51	2,65	1,73	2,57
Chlorkalium	—	15,13	—	—	—	3,00	—	—	—	—
Chlornatrium	10,00	0,89	—	—	0,90	0,80	1,44	5,68	—	3,38
Kalk	3,33	6,93	3,20	6,96	2,75	7,72	2,97	5,34	4,06	8,61
Magnesia	11,75	1,69	12,71	1,45	11,38	2,04	8,00	2,65	6,28	5,47
Eisenoxyd	1,11	0,99	0,60	0,73	0,20	0,20	0,84	1,72	2,05	1,12
Phosphorsäure	46,36	5,05	47,00	5,24	47,52	6,73	38,26	3,24	26,18	5,32
Schwefelsäure	—	0,47	0,22	4,45	Spur	1,90	0,92	2,71	1,95	2,25
Kieselsäure	1,18	67,90	2,84	69,36	2,75	51,61	22,08	63,29	41,74	49,54
Kohlensäure	—	—	0,23	—	—	10,55	—	—	—	—
	100,00	100,00	99,97	99,98	100,00	100,00	99,99	99,97	99,94	99,98
Asche in 100 Theil. Pflanzensubstanz										
trocken	—	—	2,05	—	1,93	5,55	2,47	6,80	3,63	5,20
lufttrocken	1,28	3,32	—	—	—	—	—	—	—	—

100 Theile Asche enthalten	Buchweizen		Erbsen		Feldbohnen		Wicken	Linsen	Kartoffeln	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Körner	weisse	hellrothe
Kali	8,75	31,72	40,70	15,68	51,72	32,85	30,90	34,76	50,89	44,37
Natron	20,13?	—	—	—	0,54	2,77	11,03?	13,50?	2,41	—
Chlorkalium . .	—	7,41	—	1,96	—	—	—	4,63 Chlor	—	15,00
Chlornatrium . .	—	4,55	—	1,83	—	11,54	—	—	0,44	1,30
Kalk	6,67	15,71	2,21	27,14	5,20	19,85	4,84	6,34	2,65	0,97
Magnesia . . .	10,39	1,66	7,03	6,50	6,90	2,53	8,60	2,47	4,21	3,57
Eisenoxyd . . .	1,05	—	1,47	1,30	Spur	0,61	0,75	2,00	1,06	0,44
Phosphorsäure .	50,15	10,34	44,42	13,52	28,72	0,49	38,49	36,30	17,15	13,57
Schwefelsäure . .	2,17	4,67	4,17	0,57	3,05	1,40	4,16	—	3,19	5,52
Kieselsäure . . .	0,69	3,57	—	5,98	0,42	2,61	—	—	0,91	1,07
Kohlensäure . .	—	20,37	—	25,52	3,42	35,32	—	—	12,14	14,19
	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	99,97	98,77	100,00	100,00	100,00
Asche in 100 Theilen Pflanzensubstanz										
trocken . .	2,12	—	—	7,50	2,65	5,56	2,40	2,06	2,98	3,91
lufttrocken . .	—	—	3,34	—	—	—	—	—	—	—

100 Theile Asche enthalten	Runkelrübe		Turnips	Mohr-rübe	Raps		Flachs		Hanf	Mohn
	Rübe	Blätter	Rübe		Körner	Stroh	Körner	Stengel	Körner	Körner
Kali	23,54	8,34	23,17	37,55	19,33	24,95	32,55	21,53	21,75	8,99
Natron	19,08	12,21	14,75	12,63	0,85	6,52	2,51	3,68	0,66	—
Chlorkalium	—	—	—	—	—	2,10	—	—	—	7,06
Chlornatrium	24,54	37,66	7,05	4,91	—	—	—	9,21	0,09	1,92
Kalk	1,78	8,72	11,82	9,76	14,44	32,79	9,45	21,20	26,74	34,92
Magnesia	1,75	9,84	3,28	3,78	9,83	5,40	16,23	4,20	1,00	9,37
Eisenoxyd	0.74	1,46	0,47	0,74	2,65	1,73	0,38	5,58	0,77	0,80
Phosphorsäure	4,49	5,89	9,31	8,37	42,83	4,48	35,99	7,53	34,80	30,60
Schwefelsäure	3,68	6,54	16,13	6,34	—	1,22	1,43	3,39	0,13	1,90
Kieselsäure	2,22	2,35	2,69	0,76	0,62	4,08	1,46	7,92	14,06	3,20
Kohlensäure	18,14	6,92	10,74	15,15	6,70	14,76	—	15,75	—	0,37
	99,96	99,95	99,93	99,99	97,25	98,03	99,99	99,99	100,00	99,13
Asche in 100 Theilen Pflanzensubstanz trocken	11,32	14,00	6,00	5,12	4,03	4,47	3,05	3,70	5,60	6,12

100 Theile Asche enthalten	Senf	Mais		Tabak	Kohl	Klee		Luzerne	Esparsette	Gras von gewässerten Wiesen	Raigras
	Körner	Körner	Stengel u. Blätter		Kraut	rother	weisser				
Kali . . .	25,78	28,37	35,26	18,05	40,86	36,45	18,00	9,99	31,90	50,00	12,45
Natron . .	0,33	1,74	—	1,85	2,43	—	6,10	—	—	0,09	3,98
Chlorkalium	—	—	—	—	—	2,39	—	1.54	6,24	—	—
Chlornatrium	—	—	2,29	6,46	—	1,53	4,00 Chlor	1,90	0,78	2,91	2,27
Kalk . . .	19,10	0,57	10,53	26,46	15,01	22,62	31,30	45,95	24,30	9,50	9,95
Magnesia .	5,90	13,60	5,52	6,43	2,39	4,08	9,00	3,60	5,03	2,47	2,23
Eisenoxyd .	0,39	0,47	2,28	2,81	0,77	0,26	—	0,75	0,61	1,31	0,78
Phosphorsäure	44,97	53,69	8,09		12,52	6,71	12,80	5,96	9,35	9,31	6,34
Schwefelsäure	2,19	—	5,16	1,86	7,27	1,85	8,30	2,85	3,28	3,55	2,85
Kieselsäure .	1,31	1,55	27,98	3,02	1,66	0,59	5,50	0,59	3,22	9,54	59,18
Kohlensäure	—	—	2,87	17,52	16,68	23,47	abgerechnet	23,47	15,20	11,62	—
Sand . . .	—	—	—	14,36	—	—	—	—	—	—	—
	99,97	99,99	99,98	99,64	99,99	99,25	100,00	99,61	99,96	100,00	100,00
Asche in 100 Theilen Pflanzensubstanz trocken .	4,45	1,51	5,49	—	10,0	9,56	—	10,11	6,37	10,37	6,97

Endlich mögen noch die Aschenbestandtheile einiger Hölzer nach Abzug der Kohlensäure folgen:

100 Theile Asche enthalten	Eiche	Rothbuche	Weissbuche	Kiefer	Roth-tanne	Lärche	Linde	Ulme
Kali	8,43	15,80	10,63	10,05	11,50	15,24	37,84	21,92
Natron	5,61	2,76	2,54	9,98	6,49	7,27	5,53	13,72
Chlornatrium . .	0,01	0,21 Chlor	0,40 Chlor	1,17	—	0,92	1,51	—
Kalkerde . . .	75,45	63,45	52,23	46,14	44,98	27,09	31,60	47,80
Magnesia . . .	4,49	11,28	8,48	13,47	8,36	24,51	4,38	7,71
Eisenoxyd . . .	0,57	0,98	0,12	4,65	0,80	3,12	8,42	0,86
Manganoxyd . .	—	—	8,48	—	—	13,51	—	—
Phosphorsäure .	3,46	2,70	10,74	3,00	5,99	3,06	5,12	3,64
Schwefelsäure . .	1,16	1,35	1,52	3,05	—	1,68	5,60	1,28
Kieselsäure . . .	0,96	1,47	4,97	8,39	20,01	3,60	—	3,07
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Asche in 100 Theilen trocknem Holz .	0,40	0,38	—	0,19	0,32	0,32	0,50	—

Es ergiebt sich z. B. aus der Analyse des Kohles, dass mit 100 Pfund Kohl dem Boden 10 Pfund Salze entzogen werden; unter diesen Stoffen sind Kali, Natron, Kalk, Phosphorsäure und Schwefelsäure weit überwiegend. Will man diesen Verlust vollkommen ersetzen, so darf man nur so oft 10 Pfund jener Substanzen, in demselben Verhältniss gemengt, dem Boden wieder einverleiben, so oft man hundert Pfund Kohl geerntet hat; da man aber wohl nie in der Lage sein wird, mit den angeführten Stoffen in ganz gleichem Verhältniss den Acker zu düngen, so hat man dahin zu trachten, dem richtigen Verhältniss möglichst nahe zu kommen.

Am wenigsten von allen Stoffen sind im Boden enthalten Ammoniak, Phosphorsäure und Kalisalze; ein Blick auf die mitgetheilten Analysen lehrt uns aber, dass gerade Kali und Phosphorsäure sich in der bedeutendsten Quantität in den Aschen der Kulturpflanzen finden, in den Getreidearten, den Futterkräutern und den Hülsenfrüchten; dem hohen Phosphorsäuregehalt der Aschen entspricht ein hoher Stickstoffgehalt in der organischen Substanz. Viel Kali enthalten die Kartoffeln und die Rüben. Es ist einleuchtend, dass ein Acker an diesen Stoffen am schnellsten verarmen muss, weshalb sie häufiger ersetzt werden müssen. Es kann demnach eine Düngung mit Ammoniak, Phosphorsäure und Kalisalzen einer solchen mit allen Stoffen gleich wirken, wenn eben die andern Stoffe noch vorhanden sind. In den meisten Fällen ist dies der Fall; es kommt jedoch auch vor, dass der Gehalt an Kalk und Magnesia in einem Boden so weit zurücktritt, dass man für ihre Ersetzung zu sorgen hat. Selbst die Kieselsäure steht oft für Halmfrüchte nicht in genügender Menge zur Verfügung, besonders im Sandboden, da der Sand ganz unlöslich ist, während sich im Thonboden die Kieselsäure wohl immer in genügender Menge in der Bodenflüssigkeit löst. Man muss daher auch für die Zufuhr dieses Stoffes sorgen, denn jedes Nahrungsmittel ist in der Menge, wie es von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet wird, gleich unentbehrlich, und keines unter ihnen

hat eine grössere Wichtigkeit in dem Sinne, als ob es andere ganz fehlende Stoffe ersetzen könnte; wo sich keine lösliche Kieselsäure findet, kann kein Getreide wachsen, auch wenn alle übrigen Stoffe in reichlichster Menge und in brauchbarster Form im Boden gegenwärtig sind.

Selten kommen Bodenarten vor, wo ohne jede Düngung die Fruchtbarkeit sich lange gleich bleibt, wo fort und fort neue Mengen Pflanzensubstanz produzirt und damit immer mehr Nahrungsmittel dem Ackerboden entzogen werden. Diese Erscheinung kann zwei verschiedene Ursachen haben. Wenn ein Boden, wie frischer Waldboden in den Flussniederungen, eine tiefe Schicht von Nahrungsmitteln enthält, so genügt die allmälige Zersetzung derselben, auf lange Zeit hinaus reiche Ernten zu tragen; endlich muss doch ein Zustand eintreten, wo die Quantität jener Substanzen zu gering geworden, um ohne Düngung ferner Pflanzen zu ernähren. Der Ackerbau in Amerika, der sich noch im Zustande des Raubbaues befindet, wird auf diese Weise betrieben; Jahrhunderte lang hat man auf frischem Boden, den man durch Niederbrennen des Waldes gesäubert, reiche Erträge erzielt, bis schliesslich die Fruchtbarkeit so sehr abgenommen hat, dass man neue Strekken Waldes vernichtete. Fährt man so fort, so dürfte in nicht zu langer Zeit Amerika weite Wüsten darbieten, wo ehedem die herrlichsten Wälder prangten.

Die andere Ursache der dauernden Fruchtbarkeit gewisser Aecker ist das Wasser, welches ihnen durch Haarröhrenanziehung zugeführt wird. Quellen und Flüsse führen grosse Mengen nährender Stoffe in Lösung mit sich; wenn solche Wasser einem leicht durchdringbaren Boden reichlich zugeführt werden, ohne ihn gerade zu nass zu machen, so kann die Ertragsfähigkeit desselben sich unendlich lange gleich bleiben, ohne dass er gedüngt wird. Doch sind diese Verhältnisse nur dem Anbau gewisser Pflanzen zuträglich, welche im Stande sind, aus verdünnten Lösungen die nöthigen Stoffe sich anzueignen. Am vortheilhaftesten ist eine derartige Bewässerung, wenn sie durch Quellen bewirkt wird, die dicke

Gesteinsschichten durchsickert haben; je länger dieser Weg war, um so mehr konnten sie sich mit Salzen schwängern. Die sogenannten Rieselwiesen verdanken ihre Fruchtbarkeit zum Theil diesem Umstande; doch sind die Berieselungswässer ebenso oft dadurch wirksam, dass sie die sauren, für die Vegetation nachtheiligen Humussubstanzen fortspülen.

Gehen wir nun zu den verschiedenen Düngungsmitteln über, so ist ohne Frage der Stalldünger unter allen das vollkommenste, da er alle zur Ernährung nothwendigen Stoffe enthält; auch ist er insofern der wichtigste, als er die allgemeinste Verwendung findet und vom Landwirth selber gewonnen wird.

1) Der Stalldünger.

Bevor wir die Behandlung und Verwendung des Stalldüngers besprechen, dürfte es nicht überflüssig sein, ein Bild seiner Zusammensetzung zu entwerfen; dies kann aber nicht besser geschehen, als wenn wir die Verarbeitung und Veränderung, welche die Nahrungsmittel auf ihrem Durchgange durch den thierischen Organismus erleiden, einer nähern Betrachtung unterziehen; wenn wir, mit andern Worten, seine Entwickelungsgeschichte studiren.

Die Nahrungsmittel der Thiere sind theils stickstoffhaltige, theils stickstofffreie; keines von beiden allein ist genügend, das thierische Leben auf die Dauer zu erhalten. Die Nahrungsmittel haben sowohl den Zweck, den thierischen Körper aufzubauen, wie auch als Brennmaterial für die Erhaltung der Wärme zu dienen, wie endlich den Stoffwechsel zu unterhalten.

Nachdem die Nahrungsmittel mit den Zähnen mehr oder weniger zerkleinert sind, gelangen sie mit Speichel getränkt in den Magen; der Speichel hat die Fähigkeit, das Stärkemehl löslich zu machen und es in Zucker zu verwandeln. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man steifen Stärkekleister einige Minuten im Munde behält; er wird all-

mälig dünnflüssig und schmeckt endlich süsslich. Auf der Innenwand des Magens befinden sich Drüsen, welche eine nicht danz klare, stets saure Flüssigkeit von gelblicher Farbe absondern; diese Flüssigkeit, der Magensaft, hat die Eigenschaft, Eiweiss, Fleisch, Käsestoff und Knorpel aufzulösen; das saure Prinzip ist hauptsächlich Salzsäure, ausserdem auch Milchsäure. Neben dieser chemischen Einwirkung, die die Speisen von dem Magensaft erfahren, hat der Magen noch eine mechanische Thätigkeit, indem er durch seine Bewegungen die Speisen mengt und den Brei mit den verschiedenen Säften aufs Innigste durchtränkt. Die auf diese Weise durcheinander gearbeiteten, ziemlich löslich gewordenen Speisen gelangen allmälig in den Zwölffingerdarm, in welchen am obern Ende die Ausführungskanäle der Gallenblase und der Bauchspeicheldrüse münden. Erstere führt dem Speisebrei die Galle, letztere den pankreatischen Saft zu; die Galle besteht besonders aus Natronsalzen, doch ist über ihre Wirkung auf die Speisen noch Nichts sicher bekannt, während der pankreatische Saft das Geschäft des Speichels fortsetzt, Stärkemehl und ähnliche Stoffe in Zucker zu verwandeln. Der mit diesen Säften gemischte Speisebrei tritt in den Dünndarm über, auf dessen Innenfläche Millionen kleiner Fäden oder Zotten stehen. Diese saugen die löslich gewordenen Bestandtheile der Nahrungsmittel auf und führen sie in die sogenannten Lymphgefässe. Die noch übrigen festen Stoffe gelangen in den Blinddarm und von da in den Dickdarm, von dem sie als feste Exkremente durch den Mastdarm aus dem Körper entfernt werden. Diese Reste enthalten die unverdaulichen oder unverdauten Bestandtheile der Nahrungsmittel, Farbstoffe, Salze, Galle und Gallenharz.

Die im Dünndarm von den Lymphgefässen aufgesogene Flüssigkeit wird mit dem venösen Blut vermischt durch die rechte Herzkammer in die Lungen geführt. Hier wird die Zusammensetzung des Blutes durch den eingeathmeten Sauerstoff insofern verändert, als ein Theil des Kohlenstoffes zu Kohlensäure verbrennt, welche zugleich mit Wasserdampf aus-

geathmet wird; in Folge jener Verbrennung wird die animalische Wärme erzeugt, und man kann nicht mit Unrecht die Lungen einen Feuerherd nennen. Das aus den Lungen zurückkehrende, heller gefärbte Blut tritt in die linke Herzkammer, von wo es durch die Arterien bis in die äussersten Theile des Körpers gepresst wird. Die Arterien verzweigen sich in ganz feine Haarröhrchen, die jeden Körpertheil durchsetzen; wo sie mit den venösen Gefässen zusammentreffen, geht das Blut in diese über, um den Kreislauf von Neuem zu beginnen.

Indem das arterielle Blut diesen Kreislauf vollbringt, verändert es sich durch Abgabe und Aufnahme von Stoffen fort und fort. Alle Theile des Körpers sind in einer ewigen Wandlung, Neubildung und Zersetzung begriffen; der Tod ist das Aufhören dieser Wandlungen, die man mit dem Namen des Stoffwechsels bezeichnet hat. Der aufgenommene Nahrungssaft wird so lange umgebildet, bis er selbst feste Bestandtheile des Körpers und Flüssigkeiten, wie sie der thierische Leib braucht, ausscheidet. Sind die Stoffe auf diesem Punkte angelangt, so beginnt sofort eine Rückbildung; nach verschiedenen Veränderungen zerfallen sie und werden wieder aus dem Körper entfernt, sei es, gelöst im Wasser, sei es in Gasgestalt. Das Blut, welches das Baumaterial herbeiführte, führt auch das unbrauchbar gewordene wieder hinweg in die Ausführungskanäle.

In bestimmten Organen sondert das Blut Stoffe aus, die noch irgend eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen haben und sich erst bei diesem Geschäft zersetzen, bevor sie aus dem Körper ausgeschieden werden. Der Speichel, die Galle, der pankreatische Saft sollen auf die noch unverdauten Nahrungsmittel verändernd einwirken, der männliche Same soll die Fortpflanzung vermitteln, die Milch soll die Jungen ernähren. Bei dem Durchgange des Blutes durch die Nieren wird der Harn abgeschieden, und dieser gelangt durch die Harnleiter schliesslich in die Harnblase, von wo er durch die betreffenden Organe ausgeleert wird. Er enthält besonders Stickstoff-

verbindungen, Wasser und Salze, in krankhaftem Zustande Zucker. Ausserdem sondert der Körper an seiner ganzen Oberfläche hautartige Bestandtheile ab, durch die Drüsen den Schweiss. Dieser besteht aus Wasser, Ameisensäure, Ammoniak, Salzen und andern Stoffen; auch wird durch die ganze Körperoberfläche Kohlensäure ausgehaucht.

Die Exkremente bestehen demnach aus den unverdauten Stoffen und aus denjenigen, welche ihre Aufgabe im Körper erfüllt haben, d. h. welche in Folge des Stoffwechsels entfernt werden; sie würden daher bei völlig ausgewachsenen Thieren, die nicht mehr an Gewicht zunehmen, an Menge den aufgenommenen Nahrungsmitteln gleich sein, wenn nicht auf andern Wegen, durch Schweiss, Verdunstung und Athmen ein Theil derselben verloren ginge; doch ist ihre Zusammensetzung mehr oder weniger der der Nahrungsmittel entsprechend. Die Grösse des Verlustes lässt sich sicher auf die Weise bestimmen, dass man die Menge der erhaltenen Exkremente von der Gesammtmenge der Nahrungsmittel abzieht.

Es erhielt eine Kuh innerhalb 24 Stunden an Nahrungsmitteln:

Kartoffeln .	30	Pfd.
Heu . . .	15	„
Trinkwasser .	120	„

Diese Stoffe enthielten:

Kohlenstoff . .	9,62	Pfd.
Wasserstoff .	1,19	„
Sauerstoff .	8,07	„
Stickstoff .	0,40	„
Wasser . .	144,13	„
Salze . . .	1,78	„
	165,19	Pfd.

In derselben Zeit wurden an Koth, Harn und Milch entleert 90,3 Pfd.; diese bestanden aus:

	trocken	feucht
Koth . .	56,82 Pfd.	8,00 Pfd.
Harn . .	16,40 „	1,92 „
Milch . .	17,08 „	2,30 „
	90,30 Pfd.	12,22 Pfd.

Die Zusammensetzung dieser Substanzen war:

Kohlenstoff . .	5,20 Pfd.
Wasserstoff .	0,66 „
Sauerstoff . .	4,16 „
Stickstoff . .	0,35 „
Salze . . .	1,84 „
Wasser . . .	78,09 „
	90,30 Pfd.

Da aber 165 Pfd. verbraucht waren, so wurden auf andern Wegen 165 — 90,30, das ist 74,7 Pfd. ausgeschieden; es betrug die Absonderung durch Haut und Lungen 45,23 Prozent des ganzen Futters. Vergleichen wir die einzelnen Bestandtheile, so finden wir, dass an Kohlenstoff 54,05 Prozent, an Wasserstoff 55,46, an Stickstoff 87,5, an Salzen 103,37, an Wasser endlich 54,19 Prozent der aufgenommenen Nahrungsmittel im Koth, Harn und in der Milch enthalten waren; am höchsten sind der Stickstoff und die Salze darin vertreten, und der Ueberschuss, der sich bei letzteren herausstellt, ist auf Rechnung der im Trinkwasser aufgelöst gewesenen Salze zu setzen. Durch die Haut und die Lungen wurden 4,42 Pfd. Kohlenstoff, 0,53 Pfd. Wasserstoff und 3,91 Pfd. Sauerstoff zum grössten Theil in Form von Kohlensäure und Wasser entfernt. Weil aber 4,42 Pfd. Kohlenstoff 11,78 Pfd. Sauerstoff und 0,53 Pfd. Wasserstoff 4,24 Pfd. Sauerstoff zur Bildung von Kohlensäure und Wasser erfordern, so reichen jene 3,91 Pfd., die mit ausgeschieden wurden, hierzu nicht aus; es müssen demnach an 12,11 Pfd. Sauerstoff eingeathmet worden sein.

Die Menge der Exkremente wird, ausser durch das Futter, bedingt durch die Bewegung des Thieres; steht ein solches

im Stall, so wird sich im Dung und in der Milch mehr von dem Futter finden, als wenn es als Zugthier benutzt wird. Ferner ist sie verschieden bei den verschiedenen Thieren; am wenigsten athmen die Schafe aus. Ob auch die Art des Futters von Einfluss auf das Ausathmen ist, kann noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen werden; doch dürfte man dies wohl annehmen, da gewisse Nahrungsmittel erfahrungsmässig die Schweissbildung befördern. Nächst den Salzen ist der Stickstoff derjenige Stoff, welcher durch Haut und Lungen in geringster Menge abgegeben wird; es sind nur 12 bis 13 Prozent.

Die Summe aller ausgeschiedenen Stoffe wird noch dadurch vermindert, dass das verzehrende Thier bei der Produktion von Fleisch, Fett, Wolle u. s. w. einen Theil der Nahrungsmittel ablagert; doch ist dies Quantum verhältnissmässig sehr gering, am bedeutendsten bei Mastschweinen, die sehr schnell an Gewicht zunehmen. Im Allgemeinen erhält der Acker in den Exkrementen diejenigen Stoffe wieder, die ihm durch die Ernte entzogen sind; die Salze noch reichlicher, da das Trinkwasser solche liefert. Weil aber der Dünger im Verlaufe seiner Verwesung in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser zerfällt, und diese Verbindungen zum grössten Theil verdunstet werden, so kommen sie nur theilweise dem Acker unmittelbar zu Gute; wir haben schon in der ersten Abtheilung nachgewiesen, wie die Pflanzen und der Boden befähigt sein müssen, das Bedürfniss an diesen Stoffen aus der Luft zu befriedigen.

Zur Würdigung des Gehaltes an Salzen wollen wir hier einige Analysen des Harnes und der Asche der festen Exkremente der Hausthiere nach Schulz-Fleeth mittheilen.

Die Zusammensetzung des Harnes war in 1000 Theilen vom

	Schwein	Pferd	Rind
Harnstoff	4,90	31,00	18,48
Hippursaures Kali	—	4,74	16,51
Milchsaures Alkali	—	20,09	17,16
Kohlensaure Bittererde	0,87	4,16	4,74
„ Kalkerde	—	10,82	0,55
Schwefelsaures Kali	1,98	1,18	3,60
Phosphorsaures „	1,02	—	—
Kochsalz	1,28	0,74	1,52
Kieselerde	0,07	1,01	—
Wasser	979,14	910,76	921,32
	989,46	984,50	983,88

Die Aschen der festen Exkremente enthielten vom

	Schwein	Rind	Schaf	Pferd
Kieselerde	13,19	62,54	50,11	62,40
Kali	3,60	2,91	8,32	11,30
Natron	3,44	0,98	3,28	1,98
Kochsalz	0,98	0,23	0,14	0,03
Phosphorsaures Eisenoxyd	10,55	8,93	3,98	2,73
Kalkerde	2,03	5,71	18,15	4,63
Bittererde	2,24	11,47	5,45	3,84
Phosphorsäure	0,41	4,76	7,52	8,93
Schwefelsäure	0,90	1,77	2,69	1,83
Kohlensäure	0,60	—	—	—
Manganoxydul	—	—	—	2,13
Sand	61,67	—	—	—
	99,22	99,30	99,64	99,80

Bei einem Menschen waren enthalten in der Asche

	des Harnes	der festen Exkremente
Kali	16,19	22,32
Natron . . .	31,96	0,99
Kalkerde . . .	1,44	21,35
Bittererde . .	1,31	10,70
Eisenoxyd . .	Spur	2,08
Chlor	38,75	0,37
Schwefelsäure .	2,50	1,11
Phosphorsäure .	4,13	30,95
Kieselsäure . .	70,70	1,43
Kohlensäure . .	—	1,07
Unlösliches . .	—	6,25
	96,98	99,62

Im Laufe eines Tages wurden von einem Menschen im Harn 8,7, im Koth nur 1,4 Quentchen Salze ausgeschieden.

Werden denn aber auch alle diese Stoffe ohne Verlust dem Acker, dem sie entnommen, wieder zugeführt? Wenn man die Aufgabe der Landwirthschaft verfolgt, so findet sich, dass nicht blos die Bevölkerung grosser Städte, sondern auch diejenige des flachen Landes in ärmern Gegenden mit ihren Produkten ernährt werden soll. Hieraus ergiebt sich schon, wie wenig ein vollständiges Ersetzen der abgegebenen Stoffe stattfinden kann. Alle in den Brotfrüchten, in der Wolle, der Milch und im Fleisch enthaltenen Salze werden mit jenen Substanzen verkauft und weggeführt; nur diejenigen bleiben zurück, welche in den auf dem Hofe selbst verbrauchten Stoffen enthalten sind. Auch hier giebt es noch mancherlei Verluste, die dann am geringsten sind, wenn man eine vollständige Stallfütterung eingeführt hat. Mit den oben genannten Substanzen werden hauptsächlich Kali, Phosphorsäure und Stickstoff dem Acker entführt und zwar in weit höherem Masse, als sie in den Stoffen zurückbleiben, welche als Streu und als Viehfutter dienen. Die Weizenkörner enthalten in 100 Theilen

ihrer Asche 23,18 Theile Kali und 46,36 Phosphorsäure, während in der des Strohes nur 0,68 Theile Kali und 5,05 Phosphorsäure gefunden werden. Die Aecker müssen daher immer mehr und mehr verarmen und zwar am schnellsten an Kali, Phosphorsäure und Stickstoff, wenn man nicht andere Hülfsmittel besitzt, den Verlust zu decken.

Wo sich gute Wiesen finden, ist dieser Ersatz unschwer zu bewerkstelligen; indem die Wiesen reiche Ernten an Heu produziren, das dem Vieh verfüttert wird, werden jene Stoffe nach dem Durchgange durch den thierischen Körper dem Acker einverleibt, aber immer an Kali und Phosphorsäure verhältnissmässig mehr, als an Stickstoff. Aus diesem Grunde ist eine tüchtige Viehwirthschaft überall da unerlässliche Bedingung für einen guten Ackerbau, wo man nicht, wie in der Nähe grosser Städte, billige Dungstoffe beziehen kann; überdies ist die Viehzucht auch um deswillen wichtig, weil viele Pflanzenstoffe ohne eine solche gar nicht vortheilhaft verwerthet werden könnten.

Wollte man auf demselben Acker in ununterbrochener Folge Getreide anbauen, so würde sein Ammoniakgehalt schnell abnehmen, wenn man nicht Hülfsmittel besässe, dies zu verhindern; diese sind entweder käufliche, stickstoffreiche Dungstoffe, oder eine rationelle Fruchtfolge, indem man abwechselnd mit den Getreidearten solche Pflanzen anbaut, welche wegen ihres Blattreichthums die Fähigkeit besitzen, die Feuchtigkeit der Atmosphäre und damit das Ammoniak derselben zu verdichten; sie verhindern zugleich das Verdunsten der Ammoniaksalze, weil sie den Boden dicht beschatten.

Wenden wir uns zur Behandlung und Verwendung des Düngers.

Es liegt in der Natur jeder geordneten Produktion, dass jede Arbeit ihre bestimmte Zeit hat und dass die zu verarbeitenden Stoffe sich in dem Zustande befinden, wie sie sich am vortheilhaftesten verwenden lassen; dies gilt auch von der Verwendung des Düngers. Die im Stalle gewonnenen Dungstoffe können nicht unmittelbar nach ihrer Erzeugung auf den

Acker gebracht werden; sie sind längere Zeit aufzubewahren und erleiden mannichfache Veränderungen, bevor sie verbraucht werden.

Unter dem Einfluss der Wärme, der Feuchtigkeit und des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft wird der Dünger, wie alle organischen Stoffe, zersetzt; am schnellsten verwesen die stickstoffhaltigen Bestandtheile, die die andern Stoffe mit in die Gährung hineinreissen und deren Fäulniss befördern. Bei geringer Wärme, bei vollkommener Trockenheit oder zu grosser Nässe wird die Zersetzung aufgehalten; man kann Dünger, frisch getrocknet, lange unverändert aufbewahren. Ist der Feuchtigkeitszustand ein passender, so steigert sich in Folge der Verwesung, unabhängig von der äussern Temperatur, die Wärme, wodurch die Fäulniss in einem bedeutenden Grade beschleunigt wird. Der Pferdemist hat deshalb so hitzige Eigenschaften, weil er wegen der feinen Zertheilung sehr schnell in Verwesung übergeht. Diese Verhältnisse darf man bei der Behandlung und Aufbewahrung des Düngers nie aus den Augen verlieren, denn auf ihrer Regulirung beruht der Nutzen, den der Dünger gewähren kann.

Da die bei dieser Zersetzung sich bildenden Produkte zum Theil flüchtiger Natur sind, so ist auf ihre Bindung das Hauptaugenmerk zu richten; dies betrifft jedoch nur das Ammoniak; Wasserdampf und Kohlensäure liefert die Luft in genügender Menge. Es könnte daher leicht die Frage aufgeworfen werden, ob es nicht vortheilhafter wäre, den Dung frisch dem Acker beizumengen, statt ihn längere Zeit auf dem Hofe aufzubewahren?

Auf diese Frage giebt es keine allgemein gültige Antwort; diese wird durch die Zwecke bedingt, welche man durch die Düngung erreichen will. Der frische Dünger enthält wenig fertig gebildete pflanzliche Nahrungsmittel, weil der Stickstoff sich noch in Verbindungen befindet, die von den Pflanzen nicht aufgenommen werden; ebenso ist es mit einem Theile der Salze. Desto reicher ist der frische Dünger an Humusbestandtheilen. Letzterer Umstand könnte zu der An-

nahme veranlassen, frischer Dung wäre besonders für solche Bodenarten nützlich, welche, wie der Sandboden, arm an Humus sind. Fassen wir aber die physikalische Beschaffenheit des frischen Düngers ins Auge, besonders den Umstand, dass er mit der Streu gemengt ist, so leuchtet ein, dass er die nachtheiligen Eigenschaften des Sandes nur noch verschlimmert. Weil er durch seine Beschaffenheit den an sich schon leichten Sand noch mehr auflockert, wird dieser noch viel leichter und tiefer ausgetrocknet. Der obenauf liegende Dünger bleibt aus Mangel an Feuchtigkeit ganz unzersetzt und kann Nichts zur Fruchtbarkeit beitragen; der tiefer und feucht liegende wird zwar verwesen, aber die flüchtigen Produkte können aus dem aufgelockerten Boden leicht entweichen; besonders das kohlensaure Ammoniak. Auf solchem Boden gewährt daher der frische Dung den Pflanzen nur wenig nährende Stoffe, und der Humusgehalt wird auch nicht vermehrt, weil die Zersetzung eine zu stürmische ist, wie wir weiter oben nachgewiesen haben.

Auf fettem Thon und Lehmboden kann dagegen eine Anwendung des frischen Düngers ganz vortheilhaft sein, weil er den Boden auflockert und seine Beackerung erleichtert; indem er sich in solchem Boden nur langsam zersetzt, bereichert er ihn an Humusbestandtheilen.

Bei der Verwesung des Düngers vermindert sich allerdings seine Quantität; aber bei richtiger Behandlung erstreckt sich diese Verminderung nur auf unwichtige Stoffe, auf Kohlensäure und Wasser; die Stickstoffverbindungen werden fast ganz erhalten. Dagegen hat sich die Menge fertiger Nahrungsmittel, wie sie die Pflanzen aufnehmen können, vermehrt; seine Wirkung auf das Wachsthum ist daher schneller und energischer. Wo es sich also darum handelt, den an Nahrungsstoffen verarmten Boden fruchtbar zu machen, muss ohne Zweifel zersetzter Dünger angewendet werden. Dieser findet demnach seine vortheilhafteste Verwendung auf leichtem Sandboden, am besten mit der Saat zugleich untergebracht, natürlich nur in dem Falle, dass er leicht vertheilt und mit dem

Sande gemengt werden kann. Zu beachten ist jedoch, dass die Verwesung leicht zu weit geführt werden kann; dies ist stets dann der Fall, wenn der Dünger anfängt, stark nach Ammoniak zu riechen, weil alsdann die Stoffe sich zu vermindern anfangen, welche bisher das Ammoniak banden; erst im Boden darf dieser Zustand des Düngers eintreten.

Im innigen Zusammenhang mit den besprochenen Verhältnissen steht die Frage, ob es vortheilhafter sei, alljährlich zu düngen oder für eine Reihe von Ernten auf einmal?

Obgleich nun die Vertreter der letztern Ansicht die zahlreichern sind, so hat doch die andere, in neuerer Zeit besonders, nicht minder Anhänger gefunden. In ihrer Starrheit können wir keiner der beiden Ansichten beitreten; man muss sich stets nach den gegebenen Verhältnissen richten und diesen sich anbequemen.

Hat man fast vollständig zersetzten Dünger anzuwenden, so ist es offenbar am vortheilhaftesten, ihn alljährlich auf den Acker zu bringen; denn einerseits würde der Verlust durch Verdunstung sehr gross sein, wollte man für mehre Jahre auf einmal düngen, anderseits würde die grosse Menge fertiger Nahrungsmittel, welche mit einer Düngung für mehre Jahre auf den Acker gebracht werden müssen, nicht nur die erste Frucht auf Kosten der spätern ungemein begünstigen, sondern sie könnte sogar der Vegetation nachtheilig sein. Da aber in den meisten Fällen der Dünger immer noch viele unzersetzte Nahrungsstoffe enthält, die sich nur allmälig zersetzen und zu wirklichen Nahrungsmitteln umbilden, so dürfte im Allgemeinen eine Düngung für mehre Jahre vortheilhafter sein, besonders auf fettem Boden, wo die Verwesung nur langsam fortschreitet, und deshalb nicht leicht ein Verlust droht. Doch darf man den Zeitraum, für den man düngt, nicht zu sehr ausdehnen, weil sonst Verluste unvermeidlich sind; nach allen Erfahrungen hat sich eine Düngung für drei Jahre am vortheilhaftesten erwiesen. Bei dieser Art zu düngen darf man den Umstand nicht ausser Acht lassen, die Fruchtfolge angemessen zu vertheilen, zumal ohne Zweifel im ersten Jahre der Dün-

gung, besonders bei zersetztem Dünger, die Pflanzen reichlicher Nahrung finden, als in den folgenden Jahrgängen. Auf leichtem Sandboden bleibt der Erfolg einer periodischen Düngung mehr oder weniger zweifelhaft; es dürfte besser sein, ihn jährlich zu düngen.

Die verschiedenen Dungstoffe zerfallen schliesslich alle in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, während die Salze sich ausscheiden; die Aufgabe des Landwirths ist, das Ammoniak und die Salze zu konserviren, zu welchem Ende ihm verschiedene Mittel zur Verfügung stehen. Die Einstreu hat neben der Aufgabe, dem Vieh ein reinliches Lager zu bereiten, noch den Zweck, die Jauche möglichst vollständig aufzusaugen und die Zersetzung zu reguliren; daneben soll sie die gleichmässige Vertheilung der Dungstoffe vermitteln. Wollte man den Dünger ohne Streu aufbewahren, so würde die Zersetzung bald eine so stürmische werden, dass sich bei der hohen Temperatur, wie sie eine heftige chemische Thätigkeit erzeugt, das Ammoniak zum grössten Theil als kohlensaures Salz verflüchtigte. Bei solchen Düngerarten, die in Folge ihrer schmierigen Beschaffenheit, wie der Kuhdünger, sich zu festen Massen zusammenballen, so dass der Zutritt des Sauerstoffs verhindert wird, hat die Einstreu die entgegengesetzte Aufgabe; sie soll den Zutritt der Luft und damit die Verwesung erleichtern. Ausserdem entstehen aus den Einstreumaterialien humose Substanzen, welche im hohen Masse die Eigenschaft haben, das Ammoniak anzuziehen. Da Thon diese Eigenschaft mit dem Humus theilt, so kann sandiger Thon recht gut einen Theil der Streu ersetzen.

Will man den besprochenen Einfluss der Streu im möglichst hohen Grade erreichen, so ist eine innige Mengung derselben mit dem Dünger unumgänglich nothwendig. Das einfachste und beste Mittel für diesen Zweck wäre, den Dünger bis zu seiner Verwendung unter den Thieren selbst liegen zu lassen. Durch ihre Bewegungen wird nicht allein eine vollständige Mengung und ein Feststampfen erreicht, sondern es können sich auch die flüssigen Exkremente, die nach den

mitgetheilten Analysen besonders reich an nährenden Substanzen sind, gleichmässig durch die ganze Masse vertheilen. Aber nicht bei allen Thieren ist dies auszuführen; auch bedarf man dazu einer bedeutenden Menge Streumaterial. Stets anwendbar ist diese Methode beim Rindvieh und bei den Schafen. Einen Theil der Streu kann man durch Anwendung sandigen Lehmes und des Laubes ersparen, welche Stoffe noch den Vortheil gewähren, dass man eine viel innigere Mengung und eine vollständige Aufsaugung erreicht, wie dies bei Stroh allein nie der Fall sein kann. Man hat gegen die Aufbewahrung des Düngers in den Ställen oft eingewendet, sie sei für das Vieh ungesund; doch ist man die Beweise schuldig geblieben. Wir haben in solchen Ställen, wo man genügend Streu und Erde angewendet hatte, nie den Geruch nach Ammoniak wahrgenommen; dagegen ist derselbe selbst in den Ställen nicht ganz zu vermeiden, wo der Dung täglich entfernt wird.

Wo die Aufbewahrung des Düngers unter dem Vieh nicht ausführbar ist, wie in Pferdeställen, muss man Dunggruben an einem vor der Sonne und vor heftigem Zugwind geschützten Orte anlegen. Der Dünger in diesen Gruben muss oben möglichst geebnet und festgestampft werden; ein Regendach ist alsdann kaum nöthig. Um die Jauche gut benutzen zu können, ist es vortheilhaft, die Grube auszumauern oder mit Letten auszuschlagen, damit dieselbe nicht nach unten abfliessen kann. Die in Röhren in eine vertiefte Stelle der Grube geleitete Jauche muss mit einer Pumpe über den Mist gleichmässig vertheilt werden, wie es denn überhaupt vortheilhafter ist, die Jauche auf diese Weise zu benutzen, als sie für sich allein auf den Acker zu bringen.

Sammeln sich grössere Mengen von Jauche an, so muss man sie durch Erde oder Moder aufsaugen lassen, wodurch ihre Verwesung gemässigt wird; aber thöricht wäre es, Kalk in dieselbe zu bringen, da dieser ihre Zersetzung noch beschleunigt und solche Produkte erzeugt, die sich sehr leicht verflüchtigen. Bei grosser Dürre muss der Misthaufen mit

einer schützenden Decke von Laub oder Erde versehen und von Zeit zu Zeit angefeuchtet werden.

Wenn die Jauche nicht in eine besondere Vertiefung durch den geneigten Boden der Düngergrube geleitet wird, so hat dies den Nachtheil, dass die Zersetzung nicht überall gleichen Schritt hält, weil die Jauche in den untern Schichten des Düngers den Zutritt der Luft verhindert.

Wird der Dünger auf die beschriebene Weise behandelt, so findet kein erheblicher Verlust statt; die entweichende Kohlensäure und der Wasserdampf ist ohne Bedeutung, weil diese Nahrungsmittel von der Atmosphäre in genügender Menge geliefert werden.

Hat man den Dünger auf den Acker gebracht, so ist es nicht gleichgültig, wie man hier verfährt. Die erste und wichtigste Aufgabe ist, ihn möglichst gleichmässig zu vertheilen und mit der Ackerkrume zu mengen, wenn die Wurzeln der Pflanzen überall die nöthigen Stoffe zur Aufnahme finden sollen. An dem Wachsthum der Pflanzen sieht man es einem Acker sofort an, wenn der Dünger schlecht vertheilt ist; wo Düngerklumpen liegen, da ist die Vegetation eine üppige, oft sogar geile; an Stellen dicht daneben sehen die Pflanzen sehr schwächlich und kümmerlich aus. Die grösste Sorgfalt erheischt der leichte sandige Boden, weil man hier am besten, wie wir nachgewiesen haben, schon ziemlich verwesten Dünger anwendet; dieser ballt sich aber leicht zusammen und lässt sich nur schwierig vertheilen. Man erleichtert die Anwendung, wenn man ein Gemenge von Erde und Dünger bereitet. Dadurch hat man noch den Vortheil, dass weniger Nahrungsstoffe entweichen können.

Um das Fuhrlohn für die Erde zu sparen, legt man die Komposthaufen auf den Aeckern selbst an; um den Zutritt des Wassers abzuhalten, deckt man sie mit Rasenstücken. Erinnern wollen wir nur, dass man nicht etwa ein Fuder

Kompost einem Fuder Dünger gleich achten darf; man muss so viel Kompost mehr anwenden, als dem Dünger Erde beigemischt ist.

Man hat vielfach die Behauptung aufgestellt, dass der Dünger einen Verlust erleide, wenn man ihn längere Zeit ausgebreitet auf dem Acker liegen lasse, und es ist viel für und wider gestritten worden. Die Erfahrung scheint gegen diese Annahme zu sprechen. Wird der Dünger in einer dünnen Schicht ausgestreut, so trocknet er bald aus und kann wegen mangelnder Feuchtigkeit nicht weiter zersetzt werden; dagegen bildet er eine schützende Decke gegen die Verdunstung aus der Ackerkrume. Doch gilt dies nur für solchen Dünger, dessen Zersetzung noch nicht weit fortgeschritten ist; sehr zerfallener Dünger muss sofort untergepflügt werden.

Nachtheilig und mit Verlusten verknüpft ist aber das Verfahren, den unvermischten Dünger in grössern Haufen lange auf dem Acker liegen zu lassen, weil hier alle Bedingungen einer leichten Zersetzung gegeben sind. Muss man den Dünger auf dem Acker liegen lassen, so mische man ihn stets mit Erde und scheue die Arbeit nicht, um Verluste zu vermeiden.

Endlich könnte noch die Frage aufgeworfen werden, der Dünger welcher Thiere den Vorzug verdiene? Aus den von uns gegebenen Andeutungen über die Entstehung des Düngers geht hervor, dass seine Zusammensetzung von den Nahrungsmitteln abhängt. Da sich nun das Schwein in der Regel mit dem geringsten Futter begnügen muss, mit wenig Stickstoff enthaltenden Substanzen, so ist offenbar der Schweinemist vom geringsten Werth; dazu kommt das schnelle Wachsthum des Schweines, so dass im Dünger wenig Stoffe wieder ausgegeben werden. Pferd und Schaf erhalten im Allgemeinen das beste Futter, es kann daher der von beiden Thieren erhaltene Dünger am reichsten an Pflanzennahrungsmitteln sein. Der Dünger dieser Thiere zersetzt sich überdem wegen seiner

feinen Zertheilung sehr leicht und äussert somit den kräftigsten Einfluss auf das Wachsthum. Im Schafmist sind die flüssigen und festen Exkremente sehr innig gemengt. In der Mitte steht der Rindviehmist, der wegen seiner schmierigen, klebrigen Natur es besonders nöthig hat, mit andern Stoffen gemengt zu werden, wenn er anders nicht im Acker Klumpen bilden soll.

2) Die Poudrette.

In grossen Städten, wo viele Menschen beisammen wohnen, werden aus allen Theilen des Landes grosse Mengen thierischer und pflanzlicher Produkte verbraucht, die zum grossen Theil wieder in die Exkremente übergehen. Während diese so kostbaren Stoffe auf dem flachen Lande und in Landstädten ihre mehr oder weniger vortheilhafte Verwerthung finden, bleiben sie in den grossen Städten noch meist unbenutzt, und noch heute müssen die Hauswirthe von Berlin sogar dafür zahlen, dass man ihnen nur den Unrath aus dem Hause holt. Die Hauptursache dieser Vergeudung der für den Ackerbau so werthvollen Stoffe liegt in dem Umstande, dass die menschlichen Exkremente nur schwierig auf weitere Strecken transportirt werden können; es ist daher die Aufgabe der Industrie, diese Substanzen in eine solche Form zu bringen, dass sie sich aufbewahren und leicht wegführen lassen. Dies ist denn auch in neuerer Zeit geschehen, und es sind grosse Fabriken entstanden, welche sich jene Aufgabe gestellt haben, und welche ihre Erzeugnisse unter dem Namen Poudrette, Urat oder künstlicher Guano in den Handel bringen.

Ausser dem oben erwähnten Umstande des schwierigen Transportes findet man auch nicht selten ein Vorurtheil, als ob die menschlichen Exkremente dem Acker nachtheilig wären. Darauf lässt sich anführen, dass dieselben sich in Nichts von dem thierischen Dünger unterscheiden, als dadurch, dass sie reicher an all den Stoffen sind, die zur Ernährung der

Pflanzen dienen, weil die menschliche Nahrung im Allgemeinen aus den reichsten und besten Stoffen besteht. Dazu kommt noch, dass sich die menschlichen Exkremente sehr schnell zersetzen; wo man daher eine nachtheilige Wirkung derselben beobachtet hat, liegt diese in dem Umstande, dass man dieselben in einem zu konzentrirten Zustande und in zu grosser Menge angewendet hat. Deshalb hat die Verarbeitung derselben zu Poudrette noch den Vortheil, dass sie durch die Verdünnung mit andern Stoffen eine bessere Anwendung gestatten.

Die nächste Aufgabe bei der Bereitung der Poudrette ist also die, die menschlichen Exkremente vor einer zu stürmischen Zersetzung zu schützen. Diese Aufgabe kann man auf zwei verschiedenen Wegen erreichen, Man trocknet sie entweder durch künstliche Wärme und bringt sie als Pulver unvermischt in den Handel, oder man vermischt sie mit andern Substanzen, welche die Verwesung mässigen und die stickstoffhaltigen Bestandtheile binden. Weil man zugleich den Zweck verfolgt, die Stoffe ohne zu grosse Kosten weit transportiren zu können, so wäre die erste Methode die bessere; um jedoch bei dem Verdunsten des Wassers Verluste zu vermeiden, ist es vortheilhaft, sie vor dem Trocknen mit Gips oder Eisenvitriol zu mengen. Die Schwefelsäure, welche in beiden Salzen enthalten ist, bindet das Ammoniak, das Eisenoxyd zersetzt aber den Schwefelwasserstoff, jenes giftige Gas, das den Exkrementen den üblen Geruch ertheilt; ausser jenen Salzen muss man noch etwas freie Schwefelsäure zur Masse setzen. In der Regel halten es aber die Fabrikanten für vortheilhafter, die Exkremente mit Eisenvitriol, Gips, Schwefelsäure und erdigen Substanzen zu mengen, weil sie dadurch ein grösseres Volum erhalten. Da aber auf diese Weise dem Uebervortheilen Thür und Thor geöffnet ist, sollte jeder Landwirth in der Lage sein, solche ihm zum Kauf angebotene Poudrette auf ihren Gehalt an nährenden Stoffen prüfen zu können, um ihren wirklichen Werth zu bestimmen.

Wichtig ist bei der Bereitung der Poudrette, wo möglich allen Urin der Masse einzuverleiben, da gerade dieser reich

an Stickstoffverbindungen und an Phosphorsalzen ist, wie die mitgetheilten Analysen darthun. Leider geht der Urin noch fast ganz ungenutzt verloren, weil unser materielles Zeitalter lange noch nicht materiell genug ist.

Es ist überaus wünschenswerth, dass die Benutzung der menschlichen Exkremente allgemein verbreitet würde, und dass man auf ihre Vorbereitung für den Transport die grösste Sorgfalt verwendete, da sie an Werth dem Guano mindestens gleichstehen. Unter allen Umständen ist es thöricht und verschwenderisch, grosse Summen Geldes über das Meer für Stoffe zu senden, so lange man dieselben eben so preiswürdig oder noch billiger zu Hause haben kann, wie es auf der andern Seite eben so verkehrt sein würde, theure inländische Erzeugnisse zu gebrauchen, wenn sie das Ausland billiger liefert.

Allerdings hat sich auch der Schwindel dieses Industriezweiges bemächtigt; aber in solchem Falle ist es immer die Aufgabe des Käufers, selbst zu prüfen und die Augen offen zu halten, um den Werth der angebotenen Waare zu schätzen. Eine sehr vortheilhafte Verwendung finden bei der Poudrettenbereitung die Abfälle aus Blutlaugensalzfabriken und aus Gasanstalten, welche nicht unbedeutende Mengen von Stickstoff enthalten, besonders die letztern.

In Flandern und in der Schweiz löst man die menschlichen Exkremente in Wasser auf und düngt mit dieser Flüssigkeit mit recht gutem Erfolge. Doch hat diese Art der Verwendung neben der unangenehmen Arbeit des Auflösens noch den Uebelstand, dass man bedeutende Mengen Wasser herbeiführen muss, was in den seltensten Fällen ohne erhebliche Kosten geschehen kann, weshalb diese Düngung immer eine beschränkte bleiben wird. Bei anhaltender Dürre ist sie allerdings die beste, weil sich sonst leicht viel Dungstoffe verflüchtigen.

3) Der Guano.

Die Menge des Stalldüngers ist nur eine beschränkte, abhängig von dem Viehstand und den auf dem Hofe selbst

verfütterten Substanzen; ein grösserer oder geringerer Antheil der Erträge muss verkauft werden, weil der Mensch von Brot nicht allein lebt. Da man aber in vielen Fällen von seinen Aeckern grössere Erträge erzielen könnte, wenn man nur die nöthigen Dungmittel zur Verfügung hätte, so ist in den letzten zwanzig Jahren die Anwendung künstlicher Düngemittel immer mehr in Aufnahme gekommen. Unter ihnen nimmt der Guano die hervorragendste Stelle ein, weil er gerade an den Stoffen, welche zur Ernährung der Pflanzen so wesentlich sind, an Phosphorsäure und Ammoniak, besonders reich ist, wenn er anders unverfälscht und unverdorben erhalten wird.

Der Guano kann auf jedem Acker, der ausser Stickstoff und Phosphorsäure alle übrigen Stoffe enthält, als ein vollständiger Dünger wirken und nicht nur gleich reiche Ernten liefern, wie ein entsprechendes Quantum Stalldünger, sondern sogar höhere Erträge hervorrufen, weil die in ihm enthaltenen Stoffe sich leichter in wirkliche Nahrungsmittel für die Pflanzen umsetzen. Natürlicherweise kann aber der Guano und ähnliche käufliche Düngmittel nur so lange vortheilhaft sein, als die übrigen Stoffe in genügender Menge vorhanden sind. Fangen die Ernten unter sonst gleichen Bedingungen an weniger reich zu werden, so ist es an der Zeit, jene Stoffe auf den Acker zu bringen. Dies kann entweder so geschehen, dass man Stalldünger herbeiführt, oder dass man den Guano mit Asche und andern Salzen mischt und mit dem Gemenge den Acker bestreut. Letzteres darf jedoch nur in dem Falle geschehen, wenn die physikalische Beschaffenheit der Ackerkrume der Art ist, dass sie alle zur Fruchtbarkeit erforderlichen Eigenschaften besitzt. Sie muss Lockerheit mit Festigkeit, wasseranziehende Kraft mit Erwärmungsfähigkeit verbinden, alles Eigenschaften, die durch den Humusgehalt erhöht werden. Wo der Humus fehlt, muss man Stalldünger oder Moder vor der Düngung mit Salzen und Guano auf den Acker bringen.

Auf fettem und schwerem Boden, wo der Stalldünger als Lockerungsmittel dient, kann er nicht durch Guano ersetzt

werden; nicht zu loser und zu trockner Boden kann durch Guano in Verbindung mit den nöthigen Salzen Jahre hindurch auf einer gleichen Stufe der Fruchtbarkeit erhalten werden. Leichter, loser Sandboden dagegen wird den geringsten Erfolg zeigen, weil in ihm die humosen Stoffe sehr schnell zersetzt werden, und weil grosse Verluste auch dadurch entstehen, dass nicht alle Zersetzungsprodukte des Guanos den Pflanzen zugeführt werden, weil viele derselben in Folge der starken Verdunstung entweichen.

Ist man im Stande, durch den Stallmist die Fruchtbarkeit seiner Aecker auf einer gleichen Höhe zu erhalten, so kann man sie durch Guano und ähnlich zusammengesetzte Stoffe erheblich steigern; denn weil im Stalldünger Stickstoff und Phosphorsäure in erheblich geringerer Menge vorhanden sind, als die übrigen Nahrungsmittel, so muss eine Vermehrung jener, d. h. eine verhältnissmässige Gleichstellung derselben mit den andern, die Fruchtbarkeit ohne Zweifel erhöhen. Daher ist die Anwendung künstlicher Dungmittel neben dem Stallmist nicht genug zu empfehlen; durch die Vermehrung der Erträge machen sie sich reichlich bezahlt. Aber auch die Strohmasse vermehrt sich und damit mittelbar die Menge des Humus, weil man bei grössern Ernten an Stroh dem Vieh mehr Streu geben kann. Endlich gestattet die Verwendung käuflicher, kräftig wirkender Dungmittel dem Landwirth, in der Fruchtfolge unabhängiger zu verfahren; er kann sich mehr als bei blosser Stalldüngung nach seinem Bedürfniss beim Anbau der verschiedenen Kulturpflanzen richten. Doch hat man nicht ganz freie Hand; da nämlich der Guano mehr Phosphorsäure als Stickstoff enthält, so ist seine Wirkung auf Halmfrüchte, welche das Entweichen der Stickstoffverbindungen aus dem Boden erleichtern, weniger bedeutend, als auf blattreiche Pflanzen, Rüben, Kohl u. s. w.

Aus vielfachen vergleichenden Versuchen, die in England und Deutschland, besonders in Sachsen angestellt sind, hat sich unwiderleglich ergeben, dass ein Centner guter Guano dieselbe Wirkung hat, als 75 Centner Stallmist, natürlich für ein Jahr;

denn obgleich die 75 Centner Stallmist weit mehr nährende Stoffe mit sich führen, so sind sie doch im Guano in einem aufgeschlossenen Zustande enthalten, wie sie bald von den Pflanzen aufgenommen werden können. Im Durchschnitt dürfte man auf den preussischen Morgen am besten einen Centner geben, um die günstigsten Erfolge zu erzielen; mehr Guano macht sich nur selten bezahlt.

Was die Art der Verwendung betrifft, so muss der feingepulverte Guano bei feuchtem, regnerischem Wetter gleichmässig auf den Acker verstreut werden; bei Sommerfrüchten geschieht dies am besten zugleich mit der Saat, doch muss man sich hüten, dass die Samenkörner unmittelbar mit demselben in Berührung kommen, weil das kohlensaure Ammoniak in grösserer Menge die Keime tödtet. Man verfährt daher am besten so, dass man ihn vorher mit Erde oder Asche sorgfältig mischt; nur bei Kartoffeln kann man ihn unmittelbar in die Furche unter die Saatkartoffeln bringen. Bei Winterfrüchten giebt man mit der Saat nur eine geringe Quantität und überstreut im Frühjahr, wenn die Vegetation wieder erwacht, bei nassem Wetter die junge Saat; schon nach sehr kurzer Zeit bemerkt man sowohl am kräftigern Wuchs der Pflanzen, als am tiefern, saftigern Grün seine vortheilhafte Wirkung.

Der Guano besteht aus den Exkrementen verschiedener Arten von Seevögeln, welche auf einer Reihe kleiner, unbewohnter Felseneilande in der Südsee, an der Küste von Peru und Chile gelegen, nisten. Im Laufe der Jahrtausende haben sich hier Schichten dieser Exkremente von 30 bis 100 Fuss Dicke abgelagert; sie werden schon seit Jahrhunderten abgebauet, schon lange, bevor die Europäer hierher kamen, indem die Ureinwohner Peru's sich derselben schon als Düngemittel bedienten. Die bedeutendsten dieser Inseln, die den besten Guano liefern, sind die beiden Loboseilande und die drei Chinchainseln, welche allein 250 Millionen englischer Tonnen dieser Exkremente enthalten sollen.

Ausserdem findet sich Guano in Patagonien und in Chile, aber von geringerer Qualität, ganz schlechter in der Saldanha-

Bay an der Westküste Afrika's und in Australien; von einigen Inseln des rothen Meeres holten ihn die Araber schon im zwölften Jahrhundert unserer Zeitrechnung.

Der beste Guano ist der peruanische; er hat eine bräunliche, von der Sonne getrocknete Kruste, im Innern ist er schmutziggelb, fast geschmacklos und von starkem Geruch, der an Baldrianwurzel erinnert. Guter Guano enthält im Durchschnitt 16 Prozent Ammoniak und bis 20 Prozent Phosphorsäure. Wegen seines hohen Preises ist er häufigen Verfälschungen mit Ziegelmehl, Gips, Sand und andern Stoffen ausgesetzt, weshalb wir die Landwirthe nicht dringend genug vor dem Ankauf des billigen Guano's warnen können. Die Herren Gibbs, Sohn und Compagnie in London, welche in Folge eines Vertrages mit der Regierung von Peru den alleinigen Vertrieb des peruanischen Guano's in Händen haben, liefern den preussischen Centner nicht unter $3\frac{1}{4}$ Thaler, welcher Preis für Deutschland sich mit Transportkosten und Spesen auf $4\frac{1}{2}$ Thaler erhebt. Trotzdem kaufen die Landwirthe den Centner für zwei bis drei Thaler und vermeinen, ein vortreffliches Geschäft gemacht zu haben; bei so niedrigem Preise müssen sie aber betrogen sein. Entweder kaufen sie australischen oder einen andern fast werthlosen Guano um so geringen Preis, oder sie kaufen verfälschten. Der beste Guano, ist er auf der Seereise nass geworden, kann ganz werthlos werden. Es ist daher stets nothwendig, dass der Landwirth die Waare selber prüfe, oder einen zuverlässigen Chemiker damit beauftrage. Eine ziemlich brauchbare Anweisung für diese Prüfung findet man in einer in diesem Verlage erschienenen Bearbeitung der Schrift von Nesbit: „Der peruanische Guano." Die Schrift enthält ausserdem noch einige specielle Fingerzeige, für die hier nicht der Ort ist.

In den hier mitgetheilten Analysen von drei guten Guanosorten ist das Ammoniak nicht alles fertig gebildet im Guano enthalten, sondern es sind alle stickstoffhaltigen Bestandtheile, welche sich in Ammoniak zersetzen, als solches berechnet. In 100 Theilen der untersuchten Guanoarten waren enthalten:

	1.	2.	3.
Ammoniak	13,16	17,35	15,55
Kali	2,16	2,96	2,43
Natron	2,76	Spur	0,85
Kalkerde	15,96	15,55	17,12
Magnesia	0,35	0,41	—
Chlor	1,49	3,25	3,19
Kleesäure	15,39	17,01	16,62
Kohlensäure . . .	1,65	0,47	1,21
Phosphorsäure . . .	18,08	19,98	19,13
Schwefelsäure . . .	4,00	4,73	5,10
Wasser	5,12	4,23	4,17
Stickstofffreie org. Stoffe	6,05	10,58	6,37

Die übrigen Stoffe waren Thon und Sand.

Der in den Analysen mitgetheilte Ammoniakgehalt entspricht 10,83 und 14,28 und 12,80 Prozent Stickstoff; wenn aber in der Roggenernte eines Morgens Acker 17 Pfd. Stickstoff enthalten sind, so reichen schon 157 oder 119 oder 133 Pfd. Guano aus, um den ganzen Stickstoff zu liefern.

In neuerer Zeit kommen verschiedene Substanzen als künstlicher Guano in den Handel; es sind dies die oben erwähnte Poudrette, Fischreste und dergl. Unter Umständen können diese Stoffe eben so gut sein, als Guano, worüber aber immer nur eine sorgfältige Prüfung entscheiden kann; bei dieser Prüfung ist jedoch nicht allein die Quantität der Stoffe, sondern auch ihre Konstitution massgebend, d. h. ob sie sich in einem eben so aufgeschlossenen Zustande als im Guano befinden.

Am besten lassen sich hier einige Dungstoffe von untergeordneter Bedeutung anreihen, welche dem Guano in ihren Bestandtheilen ähnlich sind, oder doch einen Hauptbestandtheil desselben, nämlich Phosphorsäure enthalten. Dahin gehören:

a) Das Knochenmehl. Die thierischen Knochen bestehen aus stickstoffhaltigem Leim, aus Fett, phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk und etwas Fluorkalcum. Frische

Knochen enthalten bis 25 Prozent Phosphorsäure, aber nur 5 bis 6 Prozent Stickstoff, also weit weniger, als der Guano; so dass bei ihrer Anwendung noch grössere Mengen von Ammoniak hinzukommen müssen, wenn sich die Phosphorsäure verwerthen soll. Das Knochenmehl verdankt daher seinen Haupteinfluss auf das Wachsthum seinem Gehalt an Phosphorsäure, weshalb man in vielen Fällen gebrannte Knochen mit gleichem Erfolge zur Düngung benutzen kann.

Aber auch noch in anderer Beziehung unterscheiden sich die Knochen vom Guano; während sich nämlich im Guano die nährenden Substanzen fast ganz fertig gebildet vorfinden, gehen die Knochen nur sehr schwer in Fäulniss über. Weil der phosphorsaure Kalk mit dem Knochenleim eine feste Verbindung bildet, so wird der Zutritt der Luft fast gänzlich abgehalten. Um sie daher schneller wirksam zu machen, ist es nöthig, sie so fein wie möglich zu zerkleinern. Man setzt sie zu dem Ende der Einwirkung gespannter Wasserdämpfe aus; dadurch wird ihnen einerseits das Fett entzogen, das man für Seifen und Schmieren verwerthen kann, während es auf dem Acker Nichts nützt, im Gegentheil die Verwesung der Knochen hemmt; anderseits werden sie dadurch mürbe, so dass sie sich leichter zerkleinern lassen. Das so erhaltene Knochenmehl wirkt aber immer noch langsam; um die Wirkung noch mehr zu beschleunigen, kann man es mit Erde gemengt längere Zeit aufbewahren, indem man den Haufen von Zeit zu Zeit anfeuchtet, am besten mit Jauche. Eine andere Bereitungsweise ist die, dass man 100 Pfd. Knochenmehl mit 20 bis 30 Pfd. englischer Schwefelsäure mengt, wodurch schwefelsaurer Kalk und ein saures Kalksalz der Phosphorsäure gebildet wird, das sich leichter löst. Statt der Schwefelsäure könnte man auch Salzsäure, aber mässiger, anwenden.

Auf leichtem Boden, in welchem organische Stoffe leicht zersetzt werden, kann das unpräparirte Knochenmehl mit Nutzen angewendet werden, auf schwerem, nassem Boden gar nicht.

Einem Centner gutem Guano kommen etwa 2 bis $2\frac{1}{2}$ Centner Knochenmehl in ihrer Wirkung gleich; doch erhält die Erde damit einen grossen Ueberschuss an Phosphorsäure. Auch das Knochenmehl wird vielfach verfälscht; eine häufige, aber noch nicht die schlechteste Beimengung sind gepulverte Koprolithen. Diese bestehen der Hauptsache nach aus phosphorsaurem Kalk, und man hält sie für die fossilen Exkremente grosser Amphibien der Vorwelt. Sie werden besonders häufig in England gefunden und auch für sich allein als Dungmittel in den Handel gebracht. Eine andere, nicht ganz schlechte Beimengung des Guano's und des Knochenmehls ist der sogenannte Knochenstein, der sich in einigen Gegenden in Lagern findet, z. B. am Fichtelgebirge.

b) Die Zuckerkohle. Bei der Zuckerfabrikation bedient man sich der gekörnten Knochenkohle zur Reinigung des Zuckersaftes von Farbstoffen und von stickstoffhaltigen Verbindungen, welche eine Gährung des Saftes hervorrufen würden. Wenn sie zu diesem Zwecke nicht mehr gebraucht werden kann, so kommt sie als ein nicht zu verachtendes Dungmaterial in den Handel. Obgleich sie in Folge der Verkohlung keinen Stickstoff mehr enthält, sondern nur aus kohlensaurer und phosphorsaurer Kalkerde besteht, so nimmt sie doch aus dem Zuckersaft solche Stoffe wieder auf. Die im Zuckersaft enthaltenen eiweissartigen Substanzen und das zur Klärung dazu gesetzte Blut schlagen sich in den Poren der Kohle nieder. Es gilt übrigens von dieser Kohle Alles, was wir beim Knochenmehl angeführt haben, nur dass sich die darin niedergeschlagenen Stickstoffverbindungen bei weitem leichter zersetzen.

c) Der Rapskuchen. Nachdem aus den Rapskörnern das Oel abgepresst ist, enthalten die Treber noch alle übrigen Stoffe, besonders die Salze und sämmtlichen Stickstoff, welcher dem Boden entzogen wurde; denn das Oel besteht nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Wenn man also den Acker mit dem Rapsstroh und den Trebern düngt, so werden ihm aller Stickstoff, alle Phosphorsäure und alle Salze wieder

zugeführt, welche die Ernte daraus entnahm; ausserdem ist die Wirkung eine sehr schnelle, weil die Rapskuchen sehr leicht zerfallen; nicht so das Stroh.

Wir halten es jedoch im Allgemeinen nicht für vortheilhaft, die Rapskuchen als Dünger anzuwenden, weil sie ein sehr gutes Futter für Kühe und Schafe sind und auch gern gefressen werden. Sie scheinen uns durch die Verfütterung weit besser ausgenutzt zu werden, um so mehr, als das darin zurückbleibende Oel, oft zehn und mehr Prozent der Masse, bei der Düngung mit den Kuchen ganz ungenutzt verloren geht.

Verwendet man dennoch Rapskuchen zur Düngung, so ist es nothwendig, sie mit Erde zu mengen, weil sie wegen ihrer leichten Zersetzbarkeit zu energisch auf die jungen Pflanzen wirken; wollte man sie aber lange vor der Einsaat auf den Acker geben, so wären Verluste unvermeidlich.

4) Der Chilisalpeter.

Der Chilisalpeter oder Würfelsalpeter findet sich in Südamerika in einigen mächtigen Lagern im Distrikt von Atacama in Peru an der chilenischen Grenze und in Chile selbst. Er kommt zu verschiedenen Zwecken, unter andern zur Fabrikation der Salpetersäure in den Handel; er besteht nämlich aus salpetersaurem Natron und etwas Kochsalz. Seinem Gehalt an Salpetersäure, d. h. an Stickstoff, verdankt er wohl seine Anwendung in der Landwirthschaft.

Die Wirkung dieses Salzes auf die Kultur ist eine höchst energische, und da es ausser Stickstoff keine eigentliche Pflanzennahrung enthält, so muss seine Wirkung noch anderer Art sein, als die, assimilirbaren Stickstoff zu liefern; dass übrigens die Salpetersäure von den Pflanzen in der That aufgenommen wird, ist durch Versuche in neuerer Zeit unwiderleglich bewiesen.

Oft ist ein Acker reich an nährenden Substanzen; aber weil sie sich in einem unlöslichen Zustande befinden, können

sie nicht von den Pflanzen aufgenommen werden. Durch den Einfluss des Salpeters werden solche Substanzen leichter zersetzt, der phosphorsaure Kalk wird in eine lösliche Form übergeführt, und nun wird der vorher unfruchtbare Acker ohne jeden andern Dünger fruchtbar. Diese Wirkung des Chilisalpeters auf die Lösbarkeit der nährenden Substanzen ist so gross, dass er in vielen Fällen das Knochenmehl ersetzen kann, welches man nicht deswegen auf den Acker hätte bringen müssen, weil es an Phosphorsäure im Ackerboden fehlte, sondern weil sie darin in unbrauchbarer Form vorhanden war. Eben so wenig ist der Mangel an Stickstoff immer die Ursache der so auffälligen Wirkung des Chilisalpeters; durch seine Gegenwart werden die im Boden vorhandenen Stickstoffverbindungen leichter und in schnellerer Folge den Pflanzen zugänglich.

Im Allgemeinen kann aber nur für eine kürzere Zeit mit dem Salpeter ein günstiger Erfolg erzielt werden, da er nur ein einziges Nahrungsmittel enthält, den Stickstoff; der Boden muss bald an allen übrigen, zunächst an Phosphorsäure erschöpft werden. Besonders wirksam ist der Chilisalpeter beim Getreidebau.

Auf den preussischen Morgen gebraucht man 30 bis 100 Pfund, und zwar ist nach allen Beobachtungen sein Einfluss bei trocknem Wetter merklicher, als bei feuchtem, weil er wegen seiner Leichtlöslichkeit zu schnell in die tiefern Schichten des Bodens geführt wird, wenn viel Wasser vorhanden ist. Er ist ein Gegenstück des Guano, weil er keine flüchtigen Bestandtheile hat.

Dem Chilisalpeter kann das schwefelsaure Ammoniak an die Seite gesetzt werden, das einerseits Stickstoff liefert wie jener, anderseits zersetzend auf andere Substanzen wirkt. Man gewinnt es bei der Destillation organischer Stoffe, z. B. in Gasanstalten, als Nebenprodukt.

5) Die Düngsalze.

Ein grosser Theil derjenigen Produkte, welche man dem Boden abgewonnen hat, wird verkauft und weggeführt. Die in diesen Substanzen enthaltenen Salze können dem Boden mit dem Stalldünger nicht wieder gegeben werden. Wenn nun ein Boden nicht reich an Bruchstücken solcher Mineralien ist, durch deren Zersetzung die Salze, welche den Pflanzen als Nahrungsmittel dienen, frei werden, so muss der Boden allmälig verarmen.

Unter solchen Umständen ist es nothwendig, die entführten Stoffe auf irgend eine Weise zu ersetzen; am nöthigsten wird dies auf Wiesen sein, die einen moorigen Untergrund haben, und die sonst keine Düngung erhalten.

Das natürlichste Mittel, diese Salze herbeizuschaffen, sind die Aschen, die man bei den häuslichen und technischen Verbrennungsprozessen erhält, weil sie alle die Salze enthalten müssen, welche die verbrannten Pflanzenstoffe aus dem Boden entnommen hatten. Diejenigen Aschen werden ohne Zweifel die besten sein, welche reich an Kali, Magnesia und Phosphorsäure sind; da aber die kalireichen Aschen noch manche andere vortheilhafte Verwendung haben, so stehen sie selten der Landwirthschaft zur Verfügung; dahin gehören die Aschen von Laubholz. Dagegen sind die Aschen von Nadelhölzern, von Torf und von fossilen Kohlen kaum zu andern Zwecken brauchbar; aber sie enthalten doch nahrhafte Stoffe.

Die Wirkung der Asche auf die Vegetation besteht jedoch nicht allein in ihrer nährenden Kraft, sondern sie wirkt auch indirekt, indem sie die im Boden befindlichen Substanzen zerlegen hilft, etwa vorhandene saure Humusstoffe bindet und saure Pflanzen vertreibt.

Am besten ist es, die Asche mit dem Dünger gemischt auf den Acker zu bringen; nur bei Wiesen darf sie unvermischt aufgestreut werden. Vielfach wird die Seifensiederasche zur Düngung verwendet; da man aber behufs der Seifen-

fabrikation fast alle Alkalien ausgezogen hat, so ist ihre Wirkung kaum von der Wirkung des Kalkes verschieden, der ihr zugesetzt ist, um das kohlensaure Alkali ätzend zu machen. Aus den Salzsiedereien kommen verschiedene Abfälle unter dem Namen von Düngsalz in den Handel, die theilweise alle Salze enthalten, welche von den Pflanzen assimilirt werden. Im Dornensteine herrscht der Gips vor, im Salzschlamm ist besonders Gips, Schwefelsäure- und Chlorverbindungen des Kali's, Natrons und der Magnesia enthalten, im Hungerstein ebenso, im Salzstein neben vielem Kochsalz an Schwefelsäure und Chlor gebundenes Kali, Natron und Magnesia, in der Mutterlage Kali, Natron und Magnesia.

Im Dornenstein ist eigentlich nur der Gips wirksam, dessen Einfluss wir gleich hier näher betrachten müssen, da man auch mit reinem Gips düngt.

Der Gips ist schwefelsaure Kalkerde, mit Wasser verbunden; sowohl die Schwefelsäure, als die Kalkerde sind wirkliche Nahrungsmittel. Aber es ist fraglich, ob nur in der nährenden Kraft dieser beiden Stoffe die vortheilhafte Wirkung des Gipses zu suchen sei, oder ob der Gips auch noch durch seine Eigenschaften in anderer Beziehung Einfluss auf die Vegetation habe? Die Schwefelsäure wird von den Pflanzen nur in sehr geringer Menge aufgenommen; man dürfte wohl annehmen, dass in jedem gut kultivirten Acker mit dem herbeigeführten Dünger dem Acker dieselbe schon in genügendem Masse mitgetheilt würde. Wir haben jedoch schon öfter darauf aufmerksam gemacht, dass wir noch keinen Massstab dafür haben, in welchem Mengenverhältniss ein Stoff im Boden verhanden sein muss, um von den Pflanzen aufgenommen werden zu können; so viel steht aber fest, dass zwei Pflanzen, die von einem beliebigen Stoffe gleichviel aufnehmen, doch in demselben Boden oft nur dann gedeihen, wenn man für die eine der Pflanzen mehr von jener Substanz auf den Acker bringt. Wichtiger als die Schwefelsäure scheint der Kalk zu sein, weil die schwefelsaure Kalkerde im Wasser weit leichter löslich ist, als die kohlensaure; daher ist der Gips die Sub-

stanz, welche den Pflanzen den Kalk in genügender Menge darbieten kann. Diese Annahme wird noch dadurch bestärkt, dass der Gips auf die Schmetterlingsblüther, auf Hülsenfrüchte und Kleearten also, von besonders günstigem Einfluss ist. Diese Pflanzen sind gerade reich an Kalksalzen, wenn wir schon nicht läugnen wollen, dass der Einfluss des Gipses auf diese Pflanzen auch recht gut anders erklärt werden könnte.

Der Gips kann nämlich auch, ohne gerade selbst als Nahrungsmittel zu dienen, in der Weise vortheilhaft wirken, dass er die Zufuhr anderer Stoffe erleichtert und befördert. Es ist eine allgemeine chemische Erfahrung, dass zwei Salze in wässeriger Lösung stets ihre Säuren austauschen, wenn sich durch diesen Austausch ein schwerer lösliches Salz bilden kann. Das sich in der Luft befindende Ammoniak ist meist das sehr flüchtige kohlensaure Salz; Jedermann kennt das sogenannte Riechsalz, das wegen seiner Flüchtigkeit in der Bäckerei und Konditorei angewendet wird. Trifft nun dieses kohlensaure Ammoniak mit der wässerigen Lösung des Gipses zusammen, so findet eine Wechselzersetzung statt; es bilden sich schwer löslicher kohlensaurer Kalk und schwefelsaures Ammoniak. Letzteres Salz ist aber sehr wenig flüchtig, und es wird also durch die Gegenwart des Gipses dem Boden das Ammoniak erhalten und aus der Luft zugeführt. Diese Wirkung kann jedoch nur bei hinreichender Feuchtigkeit stattfinden, weil die trocknen Salze sich umgekehrt immer so zersetzen, dass schwefelsaurer Kalk und kohlensaures Ammoniak entstehen; nach einem andern chemischen Gesetz setzen sich zwei verschiedene, trockne Salze immer um, wenn ein flüchtigeres Salz dabei resultirt.

Für die hier besprochene Wirkung des Gipses sprechen verschiedene Erfahrungen. Die Kleearten assimiliren nicht allein viel Kalkerde, sondern sie befördern auch unter allen Kulturpflanzen am meisten die Thaubildung, so dass sie dem Boden immer eine hinreichende Menge Wasser zuführen, um den Gips zu lösen. Bei trockner Witterung bleibt der Gips fast ohne Erfolg.

Um jedoch zu einem endgültigen Urtheil über den Einfluss des Gipses zu kommen, müssen erst noch viele vergleichende Versuche angestellt werden.

Der Gips wird am besten in Form eines feinen Pulvers im Frühjahr auf die Pflanzen gestreut.

6) Die Gründüngung.

In frühern Zeiten bebaute man die Aecker einige Jahre und liess sie dann ein oder zwei Jahre liegen, damit sie sich ausruhen könnten, wie sich der Landmann ausdrückt. Während dieser Ruhezeit überzogen sich die Aecker mit einer Decke wilder Pflanzen; beim spätern Umpflügen wurden die Stoffe, welche jene Pflanzen aus dem erschöpften Boden und aus der Luft gesammelt hatten, dem Boden einverleibt, so dass er nun wieder Kulturpflanzen zu tragen vermochte. Besser erreicht man jedoch jetzt diesen Zweck durch den Anbau solcher Pflanzen, welche das Vermögen haben, grosse Mengen von Stoffen aus der Luft und aus der verdünnten Nahrungsmittellösung eines armen Bodens in organische Substanz zu verwandeln. Unter allen bekannten Kulturpflanzen besitzt diese Fähigkeit in so hohem Masse keine wie die Lupine, welche man in neuerer Zeit auf jedem armen Sandboden kultivirt, um durch das Unterpflügen derselben den Boden zu verbessern; sie gedeiht sogar noch da, wo der Boden sich kaum mit einer natürlichen Narbe schliesst.

Woher nehmen aber die Lupinen die Stoffe, die bei ihrem Verwesen dem Boden einverleibt werden? Die Lupinen sind dichtbelaubte Pflanzen, welche den Boden dicht beschatten, und ihn so immer feucht erhalten; deswegen wird überhaupt eine Vegetation möglich, weil mit dem Wasser Kohlensäure herbeigeschafft wird, und Ammoniaksalze können aus der Luft auf den Boden verdichtet werden. Auf diese Weise erhalten die Lupinen ihren Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff aus der Atmosphäre; werden sie untergepflügt, so bereichern sie den Boden an Stickstoff und an

humosen Substanzen. Eine Bereicherung an Salzen können sie nur in dem Falle herbeiführen, wenn ihnen kapillarisch Wasser zugeführt wird, worin jene Salze sich in Lösung befinden; wo dies nicht der Fäll ist, muss man vor dem Anbau der Lupinen den Boden mit Asche bestreuen.

Aber nicht allein dann verbessern die Lupinen den Boden, wenn sie untergepflügt werden, sondern ein armer Boden kann schon durch den blossen Anbau derselben, wenn man sie aberntet, fruchtbarer werden. Indem nämlich das dichte Laub den Boden beschattet, wird Ammoniak aus der Luft verdichtet und die Verdunstung verhindert; eine ganz analoge Wirkung haben alle die Pflanzen, welche die Thaubildung befördern. Die Lupine ist auf nicht ganz armem Boden eine vortreffliche Vorfrucht für den Roggen.

Da aber die Lupinen auch ein ganz vortreffliches Futtermittel sind, so könnte die Frage aufgeworfen werden, ob es nicht vortheilhafter wäre, dieselbe zu verfüttern und den gewonnenen Dünger auf den Acker zu bringen?

Wie wir eben gesehen haben, gehen bei jedem Verfüttern von Pflanzen Stoffe verloren; der Dünger enthält nie alle die Stoffe, welche mit der Ernte dem Acker entzogen wurden. Eine Düngung mit den Exkrementen der Thiere also, welchen die Lupinen gefüttert wurden, würde die Gründüngung nicht vollständig ersetzen. Zur Entscheidung der oben aufgeworfenen Frage muss man ein Rechenexempel etwa in folgender Art anstellen: Der Verlust an Dungmaterial und die Kosten des Einheimsens betragen so viel; der Gewinn, welchen die gewonnenen Quantitäten Fleisch, Milch, Käse u. s. w. abwerfen, aber so viel. Stellt sich nun der Gewinn höher, so ist es jedenfalls vortheilhafter, Düngmittel anzukaufen. Dazu kommt noch der Umstand, dass Stalldünger, Poudrette u. s. w. schneller zur Wirkung kommen, als die Gründüngung; freilich hält dafür diese auch wieder länger vor. Endlich ist nicht zu vergessen, dass bei der Gründüngung jedesmal eine Ernte ausfällt. Immerhin bleibt nur ganz armer Sandboden der Gründüngung bedürftig.

Nachdem wir so die hauptsächlichsten Dungmaterialien und die Art ihres Einflusses erörtert haben, bleibt uns an dieser Stelle nur noch übrig, dringend vor den zahlreichen Schwindeleien zu warnen, welche mit dem Anpreisen von Dungstoffen getrieben werden. Da liest man unter Anderm, wie man mit wenigen Pfunden eines neuerfundenen Düngers die Fruchtbarkeit eines Ackers so erhöhen kann, dass jedes andere Düngmittel überflüssig ist. Wieder und immer wieder finden sich Leichtgläubige, die sich täuschen lassen und den lachenden Schwindler bereichern. Es ist nicht nur ein Sprüchwort, sondern es ist auch ein überall gültiges Naturgesetz: „Aus Nichts wird Nichts!" So gut der Branntweinbrenner ohne Stärke keinen Zucker und ohne Zucker keinen Spiritus bereiten kann, so gut ohne Brennmaterial kein Feuer unterhalten werden kann, ebenso gut können sich keine Pflanzen da entwickeln, wo der Boden aller derjenigen Stoffe bar ist, welche die Pflanzen nur aus dem Boden aufnehmen können. In der Regel sind jene Stoffe ganz werthlos, selbst wenn sie in grossen Mengen angewendet würden, da diejenigen, welche solche Anpreisungen in die Welt senden, oft gar Nichts von der Pflanzenernährung kennen, welche Erfahrung wir selbst öfter zu machen Gelegenheit gehabt haben.

Sollen wir endlich noch einige Worte über die Bestimmung des Werthes der verschiedenen Düngmaterialien hinzufügen, so lässt sich ganz allgemein der Grundsatz aufstellen, dass alle Stoffe, welche von den Pflanzen aufgenommen werden, von ganz gleichem Werth sind; keine Pflanze kann gedeihen, wenn einer dieser Stoffe fehlt. Der Werth, den nun dieses oder jenes Düngmittel für einen Landmann hat, richtet sich stets nach dem Marktpreise der einzelnen Stoffe und nach dem Gewinn, welchen der Landwirth bei der Anwendung des einen oder des andern Düngers erzielen kann. Wer in der Nähe grosser Städte Ackerbau treibt, kann offenbar den Dünger billig kaufen und hat daher nicht nöthig, grossen Werth auf die Düngerproduktion zu legen, um so weniger, als er fast alle seine Bodenerzeugnisse in der Stadt gut absetzen kann.

Weiter entfernt von solchen Orten ist ein reicher Viehstand immer das beste Mittel, die Ackerprodukte zu verwerthen und den Boden in guter Dungkraft zu erhalten; doch kann auch hier, je nach dem Bedürfniss, käuflicher Dünger neben dem Stalldünger mit grossem Vortheil verwerthet werden.

Es giebt Preistabellen für den Werth der einzelnen Dungstoffe; doch sind dieselben meist ganz unbrauchbar. Die besten Hülfsmittel für eine derartige Werthbestimmung sind immer eine genaue Kenntniss des Ackers und seiner Bedürfnisse und der Zusammensetzung der käuflichen Düngstoffe; ferner die Preise der verkäuflichen Bodenerzeugnisse und der Transportmitteln.

Um den grösstmöglichsten Gewinn aus dem Acker ziehen zu können, dürfen vergleichende Versuche, auch wenn sie mit Kosten verknüpft sind, nicht gescheut werden; nur dürfen sie nicht ohne reifliche Prüfung angestellt werden. Leider findet man in der Landwirthschaft noch häufig jene falsche Sparsamkeit, welche sich scheut, einen Dreier auszugeben, wenn auch ein Groschen damit gewonnen werden könnte; das ist nicht Sparsamkeit, sondern Verschwendung.

Sechstes Kapitel.

Von der Fruchtfolge.

Baut man eine Reihe von Jahren auf demselben Acker immer dieselbe Frucht, so nehmen die Erträge im Allgemeinen von Jahr zu Jahr ab, und diese Erscheinung tritt bei keiner Kulturpflanze so auffällig hervor, als bei den Wintergetreidearten. Man war früher der Ansicht, der Boden würde schwach durch den Anbau derselben Pflanze und bedürfe deswegen der Ruhe; man liess ihn daher brach liegen, damit er sich erhole. Schwach wird er nun freilich in dem Sinne, dass er durch den Anbau der Halmfrüchte besonders arm an Ammoniaksalzen wird, weil diese Pflanzen ihn nicht beschatten können; es werden keine Ammoniaksalze aus der Luft niedergeschlagen, desto mehr aber aus dem Boden verflüchtigt. Aber nicht allein an Ammoniaksalzen verarmt ein solches Land; wegen der mangelhaften Beschattung fehlt es auch an dauernder Feuchtigkeit, die Ackerkrume wird leicht und schnell ausgetrocknet, daher die Zersetzung der im Boden enthaltenen Substanzen verzögert, also keine nährenden Stoffe erzeugt. Da also von keiner Ermüdung, wie sie bei Thier und Mensch ein-

tritt, die Rede sein kann, so bedarf der Acker auch keiner Ruhe; man hat nur dafür zu sorgen, dass im Boden immerwährend assimilirbare Stoffe vorhanden sind, so kann man ihn auch ununterbrochen bebauen. Endlich werden noch durch den Anbau derselben Pflanze die physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume ganz einseitig verändert, und dies ist ein anderer Grund, weswegen dieselbe Frucht nicht längere Zeit hintereinander gedeiht. Um den Acker immer in einem guten Kulturzustande zu erhalten, bedarf es nach den neuern Erfahrungen neben einer passenden Düngung keines andern Mittels, als einer richtig geleiteten Wechselwirthschaft, einer erfahrungsmässig festgestellten Fruchtfolge.

Alle Erfahrungen stimmen bis jetzt darin überein, dass für die Wintergetreidearten unter allen die Leguminosen, als da sind Klee, Luzerne, Esparsette, Wicken, Lupinen und Erbsen, die beste Vorfrucht sind. Die genannten Pflanzen sind alle sehr blattreich und beschatten daher, wenn sie dicht und üppig stehen, den Boden fast vollständig. Dadurch wird der Boden nicht nur feucht und mürbe erhalten, sondern auch das Licht wird so sehr ausgeschlossen, dass die Unkräuter, welche besonders dem Getreide so nachtheilig sind, ersticken müssen, weil ohne Licht keine Vegetation stattfinden kann. Eine ähnliche Wirkung haben selbst üppig stehende Halmfrüchte, wenn sie grün geschnitten werden. Die dichte Beschattung verhindert das schnelle Verdunsten; der Boden wird selbst an den heissesten Sommertagen, wenn anders die Pflanzen recht dicht stehen, nie ganz trocken. Ebensowenig wie das Wasser können die Ammoniaksalze sich verflüchtigen, und während der Nacht kann weniger Wärme ausgestrahlt werden, so dass der Boden immer warm bleibt, wodurch die Zersetzung der Nahrungsstoffe befördert wird. Wie schon öfter erwähnt, besitzen alle blattreichen Pflanzen im hohen Grade die Eigenschaft, Wasser und Ammoniak aus der Luft zu verdichten, sie erschöpfen daher den Boden nicht nur nicht, sondern sie bereichern ihn sogar an Ammoniak. Endlich verhindern diese Pflanzen das Verhärten des Bodens,

weil sie den Zutritt der Luft abhalten, welcher Umstand besonders bei zähem, schwerem Boden zu berücksichtigen ist, während bei leichtem Sandboden mehr die Bereicherung an Nahrungsmitteln von Wichtigkeit bleibt.

Aus dem eben Gesagten ergiebt sich von selbst, wie der vortheilhafte Einfluss jener Gewächse nur dann ein bemerkbarer ist, wenn sie sehr üppig stehen. Lässt man jene Pflanzen abweiden, so dass sie nie eine vollständige Decke bilden können, oder lässt man sie bis zur vollkommenen Reife stehen, so ist der Erfolg weit geringer; man verfährt am besten so, sie zweimal im Jahre bei nicht zu trocknem Wetter grün zu schneiden. Lässt man Klee und Luzerne viele Jahre hintereinander stehen, und es entstehen pflanzenleere Stellen, so wuchert das Unkraut wieder empor, der Erfolg ist ein mangelhafter.

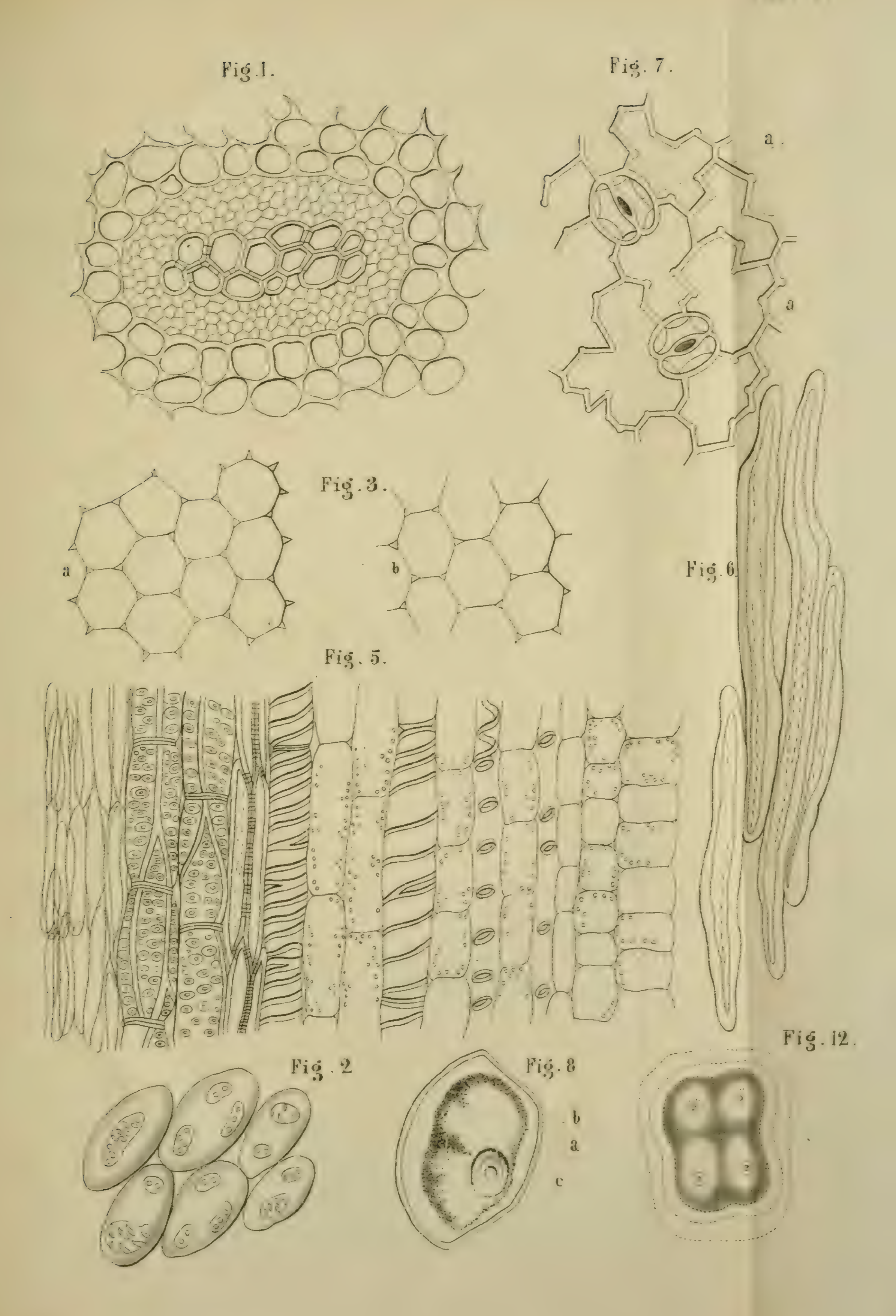
Für die Sommergetreidearten sind die sogenannten Hackfrüchte, Kartoffeln und Rüben, eine gute Vorfrucht, weil bei ihrer Kultur die Unkräuter möglichst vollständig ausgerottet werden.

Die bessere Beschattung ist jedenfalls ein Hauptfaktor der Erscheinung, dass die sogenannten Gemengsaaten oder Mengefutter weit besser gedeihen, als jede der Saaten für sich allein; doch lassen sich damit keineswegs alle Erscheinungen, die man dabei beobachtet hat, genügend erklären, z. B. die nicht, dass selbst Getreidearten, die beide dieselben Stoffe aufnehmen und beide den Boden gleich schlecht beschatten, wie Roggen und Weizen, im Gemenge grössere Erträge liefern, als jede für sich.

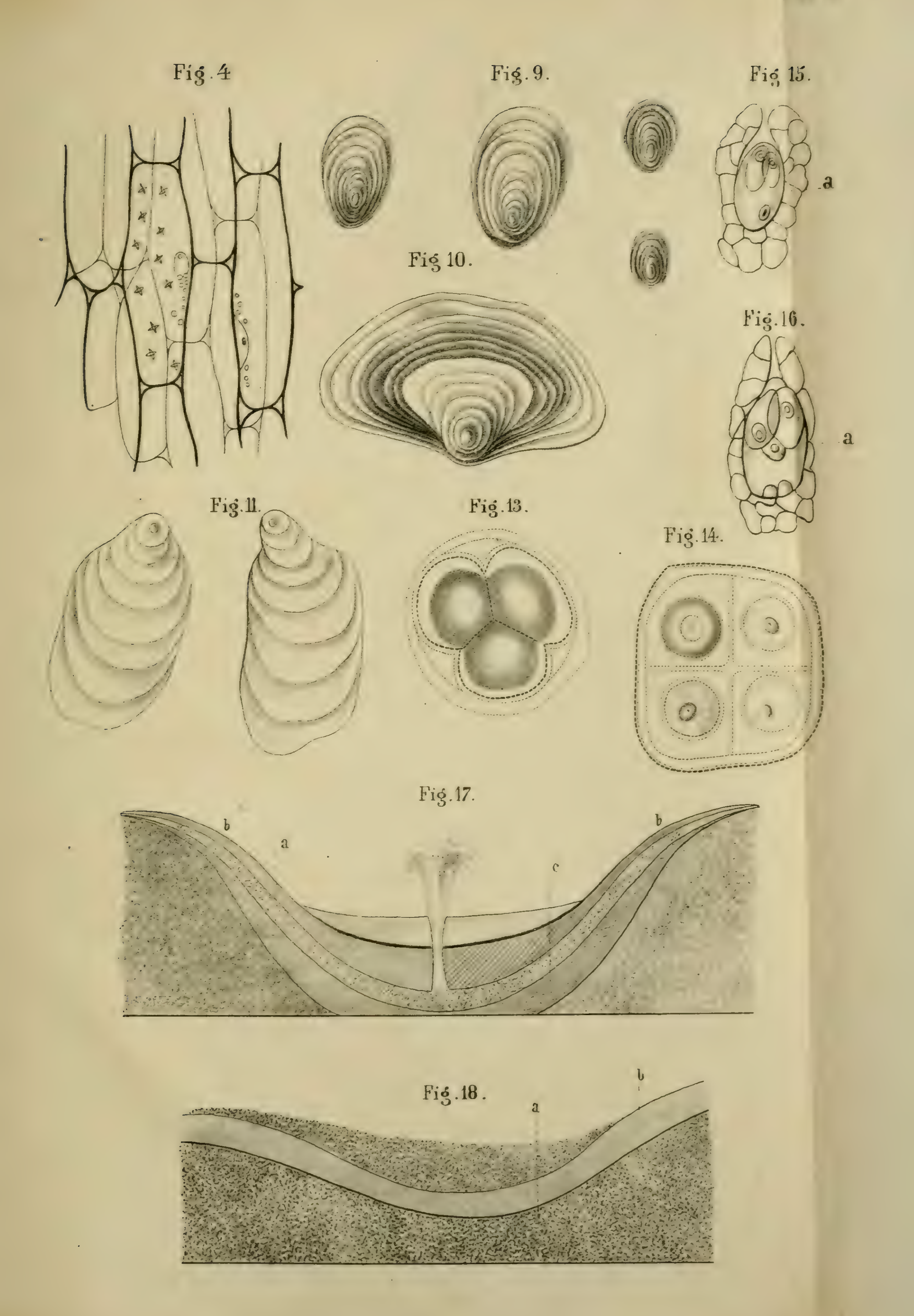
Es müssen noch viele Beobachtungen gemacht und Versuche angestellt werden, bis wir dahin kommen können, eine einigermassen befriedigende Erklärung zu finden. Dennoch hat die Erfahrung schon so viel gelehrt, dass wir die Brache ganz entbehren können; sie ist nur noch da nöthig, wo eine mangelhafte Fruchtfolge es verschuldet, dass der schwere, feuchte Boden verhärtet ist. Denn bei einem leichten Boden

kann von einer Brachwirthschaft überhaupt keine Rede sein, weil ein solcher durch die Brache nur verschlechtert wird, da durch das öftere Umbrechen die schon sehr leichte Zersetzbarkeit und Verflüchtigung der organischen Reste ungemein vermehrt würde.

In vielen Fällen ist selbst in schwerem Boden allein deswegen eine Brache nothwendig, weil die Beackerungswerkzeuge mangelhaft und dem Boden nicht entsprechend sind, was theils seinen Grund in einer unzureichenden Kenntniss, theils aber in jener falschen Sparsamkeit hat, die sich scheut, Kosten aufzuwenden, und nicht bedenkt, dass der Verlust weit grösser ist.


Fig. 1.
Fig. 7.
a
a
Fig. 3.
a
b
Fig. 6
Fig. 5.
Fig. 12.
Fig. 2
Fig. 8
b
a
c




Fig. 4
Fig. 9.
Fig. 15.
a
Fig. 10.
Fig. 16.
a
Fig. 11.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 17.
b
a
c
b
Fig. 18.
a
b



